

DISSERTATIONES PHILOLOGIAE ESTONICAE
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

30

LYA MEISTER

Eesti vokaali- ja kestuskategooriad vene
emakeelega keelejuhtide tajus ja häälduses
Eksperimentaalfoneetiline uurimus



TARTU ÜLIKOOLI KIRJASTUS

Tartu Ülikooli filosoofiateaduskond, eesti ja üldkeeleteaduse instituut

Väitekiri on kaitsmisele suunatud Tartu Ülikooli eesti ja üldkeeleteaduse instituudi nõukogu otsusega 30.08.2011.

Juhendajad: prof Karl Pajusalu (Tartu Ülikool)
filol-knd Hille Pajupuu (Eesti Keele Instituut)

Oponent: prof Kari Suomi (Oulu Ülikool)

Kaitsmine toimub 14. novembril 2011 kell 12.15 Tartu Ülikooli nõukogu saalis.

Doktoritöö valmimist on toetanud
Euroopa Liidu Sotsiaalfond



Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond



Eesti tuleviku heaks

Keeleteaduse, filosoofia ja semiootika doktorikool

ISSN 1406–1325

ISBN 978–9949–19–878–8 (trükis)

ISBN 978–9949–19–8790–5 (PDF)

Autoriõigus Lya Meister, 2011

Tartu Ülikooli Kirjastus

www.tyk.ee

Tellimus nr 630

TÄNUAVALDUS

Väitekiri on valminud aastatel 2005–2011 TTÜ Küberneetika Instituudis, sellele on kaasa aidanud paljud inimesed.

Esimesena tänan oma juhendajaid doktor Hille Pajupuud ja professor Karl Pajusalu õpetuse, nõuannete ja alati positiivse suhtumise eest.

Olen väga tänulik kõikidele keelejuhtidele, kelle kõnesalvestuste ja tajukatsete põhjal see eksperimentaalfoneetiline uurimus on valminud.

Suur tänu Küberneetika Instituudi rahvale ja eriti foneetika ja kõnetehnoloogia labori kolleegidele, kelle sõbralik ning toetav suhtumine ja väärtushinnangud on mind innustanud tegutsema. Just siit olen saanud asjatundlikku koolitust ja tuge uurimistööks vajalike eksperimentide ettevalmistamiseks.

Soovin tänada selle töö eelretsensente professor Kari Suomit Oulu Ülikoolist ja doktor Pire Terast Helsingi Ülikoolist asjakohaste märkuste ja kasulike soovistuste eest.

Minu siiras tänu kuulub Toomas Altosaarele Aalto Ülikoolist ingliskeelsete artiklite ja töö kokkuvõtte kvaliteetse keelelise korrektuuri eest ning Stefan Wernerile Ida-Soome Ülikoolist statistilise töötluste alaste nõuannete eest.

Täna ka Tartu Ülikooli eesti ja üldkeeleteaduse instituudi toredaid ja abivalmis õppekorraldajaid, kes mind paljudes asjatoimetustes on aidanud.

Kõige soojem ja südamlikum tänu minu kallile perele – abikaasa Einar ja lapsed Janika, Elis, Marili ja Madis on olnud mulle suureks toeks ja energiaallikaks.

Dokoritöö valmimist on toetanud riiklik programm „Eesti keele keeletehnoloogiline tugi” (projektid „Kõne analüüs ja variatiivsuse mudelid” ja „Kõnekeele ressursid ja kõnetehnoloogia andmebaasid”), sihtfinantseeritav teema „Usaldusväärsed tarkvara- ja inimkeeletehnoloogiad” (SF0322709s06), Eesti Teadusfond (EKI grant nr 6742 „Rääkimise loomulikkuse mudel ja hindamine”) ning „Keeleteaduse ja -tehnoloogia doktorikool”.

Tallinnas

20. septembril 2011

SISUKORD

1. Sissejuhatus	12
1.1. Töö eesmärk ja struktuur	14
1.2. Mõisted ja aktsenditeooriad	14
1.2.1. Mõisted	14
1.2.2. Aktsenditeooriad	16
2. Eesti ja vene keele fonoloogilise süsteemi võrdlus	22
2.1. Eesti vs. vene vokaalisüsteem	22
2.2. Kestuse roll eesti ja vene keeles	28
3. Materjal ja metoodika	32
3.1. Keelejuhid	32
3.2. Kõnekorpus	34
3.3. Tajutaj ja häälduse uurimismeetodid	34
4. Vokaalikateooriate tajutaj ja hääldus	37
4.1. Vokaalikateooriate tajutaj	37
4.1.1. Eesmärgid ja hüpoteesid	37
4.1.2. Stiimulid ja katse korraldus	39
4.1.3. Tulemused	41
4.1.4. Tulemuste arutelu	50
4.2. Vokaalide akustiline analüüs	51
4.3. Akustilise analüüsi ja tajukatsete tulemuste võrdlus	57
5. Lühike/pikk kateooriate tajutaj ja hääldus	59
5.1. Lühike/pikk kateooriate tajutaj	59
5.1.1. Eesmärk	59
5.1.2. Stiimulid ja katse korraldus	60
5.1.3. Tulemused	63
5.1.3.1. V-seeria	63
5.1.3.2. CVC-seeria	64
5.1.3.3. CVCV-seeria	67
5.1.4. Tulemuste arutelu	70
5.2. Vokaalikestuste akustiline analüüs	73
5.3. Vokaalikestuste võrdlus tajukatsete tulemustega	77
6. Väldete tajutaj ja hääldus	80
6.1. Väldete tajutaj	80
6.1.1. Eesmärk	80
6.1.2. Stiimulid ja katse korraldus	81
6.1.3. Tulemused	83
6.1.3.1. Q1 vs. Q2 (katsed 1–2)	83
6.1.3.2. Q2 vs. Q3 (katsed 3–6)	90
6.1.4. Tulemuste arutelu	105
6.2. Väldete akustiline analüüs	113
6.3. Väldete akustilise analüüsi ja tajutulemuste võrdlus	117

7. Kokkuvõte	120
Doktoritööga seotud publikatsioonid	124
Kirjandus	125
Summary	133
Elulookirjeldus	140

Jooniste loend

Joonis 1. Kategooriaalse taju illustatsioon.	16
Joonis 2. Eesti ja vene isoleeritult hääldatud vokaalide asetus akustilises ruumis.	24
Joonis 3. Palataliseerimata ja palataliseeritud vene vokaalide paigutus akustilises ruumis	25
Joonis 4. Stiimulite tajuskoorid ja neid interpoleeriv tajukõver	35
Joonis 5. Eesti vokaaliprototüübid ja nende vahelised stiimulid akustilises ruumis.	40
Joonis 6. Jada a-ä neljaformandiliste stiimulite spektrogrammid ja formantsagedused.	41
Joonis 7. L1 ja L2 keelejuhtide kategooriapiiride asukoha jaotused ja mediaanväärtused 14 stiimulijadas.	44
Joonis 8. L1 ja L2 keelejuhtide kategooriapiiride laiuse jaotused ja mediaanväärtused 14 stiimulijadas.	45
Joonis 9. L1 ja L2 rühmade tajuskooride mediaanväärtused ja vastavad tajukõverad kõigis vokaalipaarides.	48-49
Joonis 10. Vokaaliprototüübid ja vokaalikategooriate piirid L1 ja L2 keelejuhtide puhul.	51
Joonis 11. L1 ja L2 meeskõnelejate rõhuliste vokaalide paigutus F1 vs. F2 akustilises ruumis.	53
Joonis 12. L1 ja L2 naiskõnelejate rõhuliste vokaalide paigutus F1 vs. F2 akustilises ruumis.	54
Joonis 13. L1 ja L2 keelejuhtide rõhuliste vokaalide paigutus normaliseeritud F1N vs. F2N akustilises ruumis.	56
Joonis 14. V-seeria stiimulid.	60
Joonis 15. CVC(1)-seeria stiimulid.	61
Joonis 16. CVCV-seeria stiimulid.	62
Joonis 17. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid ja tajukõverad V-seeria stiimulite korral.	63
Joonis 18. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride asukoha ja laiuse karpdiagrammid.	64
Joonis 19. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid ja tajukõverad CVC-seeria stiimulijadades.	65
Joonis 20. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride asukoha karpdiagrammid CVC(1) ja CVC(2) jadades.	66

Joonis 21. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride laiuste karpdiagrammid CVC(1) ja CVC(2) jadades.	67
Joonis 22. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid ja tajukõverad CVCV-seeria stiimulijadades.....	68
Joonis 23. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride asukoha karpdiagrammid CVCV(1) ja CVCV(2) jadades.	69
Joonis 24. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride laiuste karpdiagrammid CVCV(1) ja CVCV(2) jadades.....	71
Joonis 25. L1 ja L2 rühma kategooriapiiride asukohad ja laiused kõigis stiimulijadades.	72
Joonis 26. L1 ja L2 rühma esisilbi vokaalikestuste karpdiagrammid Q1, Q2 ja Q3 sõnades.....	74
Joonis 27. L1 ja L2 rühma esisilbi vokaalide suhteliste kestuste karpdiagrammid Q1, Q2 ja Q3 sõnades.....	76
Joonis 28. L1 ja L2 rühma esisilbi vokaalide keskmised kestused ja standardhälbed Q1, Q2 ja Q3 sõnades ja lühike/pikk kategooriapiirid.....	78
Joonis 29. CVCV-stiimulite esimese ja teise silbi vokaalide absoluutkestused V2 vs. V1 teljestikus ja stiimulite V1/V2 kestussuhted.	81
Joonis 30. L1 ja L2 rühma keskmised Q1 ja Q2 tajuskoorid kahes katses kahe erineva V2 kestuse korral.....	85
Joonis 31. L1 ja L2 interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 1 kahe V2 kestuse korral.....	88
Joonis 32. L1 ja L2 interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 2 kahe V2 kestuse korral.....	89
Joonis 33. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 ja Q3 tajuskoorid katse 3 stiimulijadades.	92
Joonis 34. L1 ja L2 interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 3 kahe V1 kestuse korral.....	93
Joonis 35. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 ja Q3 tajuskoorid katse 4 stiimulijadades.	95
Joonis 36. L1 ja L2 interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 4 kahe V1 kestuse korral.....	96
Joonis 37. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 ja Q3 tajuskoorid katse 5 stiimulijadades.	98
Joonis 38. L1 ja L2 interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 5 kahe V1 kestuse korral.....	99
Joonis 39. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 ja Q3 tajuskoorid katse 6 stiimulijadades.	101
Joonis 40. L1 ja L2 interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 6 kahe V1 kestuse korral.....	102
Joonis 41. L1 ja L2 Q1/Q2 tajukõverad katses 1 ja 2.....	106
Joonis 42. L1 ja L2 Q2/Q3 tajukõverad katsetes 3–6.....	108
Joonis 43. L1 rühma kategooriapiirid katsetes 1–6.	111

Joonis 44. L2 rühma kategooriapiirid katsetes 1–6.	112
Joonis 45. L1 ja L2 rühma V1/V2 kestussuhted Q1, Q2 ja Q3 sõnades.	115
Joonis 46. L1 ja L2 rühma V1/C1 kestussuhted Q1, Q2 ja Q3 sõnades.....	116
Joonis 47. L1 ja L2 rühma V2/C2 kestussuhted Q1, Q2 ja Q3 sõnades.....	116
Joonis 48. L1 rühma V1 ja V2 keskmised kestused Q1, Q2 ja Q3 sõnades...	117
Joonis 49. L2 rühma V1 ja V2 keskmised kestused Q1, Q2 ja Q3 sõnades...	118

Tabelite loend

Tabel 1. Eesti ja vene vokaalide artikulaatoorsed tunnused.....	23
Tabel 2. Vokaalide märgendamisel kasutatud foneemide ja vastavate allofoonide loetelu spontaanses ja loetud venekeelses kõnes.	26
Tabel 3. Vene vokaalfoneemide allofooniliste realisatsioonide protsentuaalne jaotus spontaanses ja loetud kõnes.	26
Tabel 4. Keskmised eesti vokaalikestused, pikk/lühike ja välteid iseloomustavad kestussuhted kahesilbilistes CV1(V1:)CV2 sõnades.....	29
Tabel 5. L2 keelejuhtide andmed.	33
Tabel 6. Sünteesitud eesti vokaaliprototüüpide formantsagedused hertsides.	40
Tabel 7. L1 ja L2 keelejuhtide individuaalsete kategooriapiiride asukohad 14 vokaalipaaris ja L1 ning L2 rühma kategooriapiiride kesk- ja mediaanväärtused.	42
Tabel 8. L1 ja L2 keelejuhtide individuaalsete kategooriapiiride laiused 14 vokaalipaaris ja L1 ning L2 rühma kategooriapiiride laiuste kesk- ja mediaanväärtused.	43
Tabel 9. L1 ja L2 rühma kategooriapiiride mediaanväärtused ja nende erinevust kirjeldavad statistilised näitajad	46
Tabel 10. L1 ja L2 meeskõnelejate rühaliste vokaalide formantsageduste keskväärtused (F_1 , F_2), standardhälbed (σF_1 ja σF_2) ja L1-L2 formantsageduste erinevuse olulisus p.	52
Tabel 11. L1 ja L2 naiskõnelejate rühaliste vokaalide formantsageduste keskväärtused (F_1 , F_2), standardhälbed (σ_{F_1} ja σ_{F_2}) ja L1-L2 formantsageduste erinevuse olulisus p.	53
Tabel 12. L1 ja L2 keelejuhtide rühaliste vokaalide normaliseeritud formantsageduste keskväärtused (F_{1N} , F_{2N}), standardhälbed ($\sigma_{F_{1N}}$ ja $\sigma_{F_{2N}}$) ja L1 vs. L2 erinevuse olulisus p.	55
Tabel 13. L1 ja L2 rühma lühike/pikk kategooriapiiride asukohad ja laiused ning vastavad standardhälbed (σ) kõigis stiimulijadades.	70
Tabel 14. L1 ja L2 rühmade absoluutsed vokaalikestused (ms) ja standardhälbed (σ) Q1, Q2 ja Q3 sõnade rühlistes silpides ning kestuserinevuste statistiline olulisus p.	74

Tabel 15. L1 ja L2 rühmade normaliseeritud vokaalikestused (ms) ja standardhälbed (σ) Q1, Q2 ja Q3 sõnade rõhulistes silpides ja kestuserinevuste statistiline olulisus p.	75
Tabel 16. L1 ja L2 rühmade pikk/lühike rõhuliste vokaalide kestussuhted absoluutsete ja normaliseeritud vokaalikestuste alusel.	77
Tabel 17. L1 ja L2 rühma keskmised Q1 tajuskoorid ja standardhälbed katse 1 ja katse 2 stiimulijadades.	84
Tabel 18. Tajuskooride ANOVA katsete 1 ja 2 stiimuliseeriates (sõltumatud faktorid Rühm ja V1 kestus).	86
Tabel 19. L1 ja L2 tajuskooride ANOVA katsetes 1 ja 2 (sõltumatud faktorid V1 kestus ja V2 kestus).	86
Tabel 20. L1 ja L2 tajuskooride ANOVA stiimuliseeriates V2 = 140 ja V2 = 160 (sõltumatud faktorid Katse ja V1 kestus).	87
Tabel 21. L1 ja L2 rühma Q1/Q2 kategooriapiiridele vastavad esisilbi vokaali (V1) kestused (ms) ja vastavad V1/V2 kestussuhted katse 1 ja katse 2 stiimulijadades.	88
Tabel 22. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed katse 3 stiimulijadades.	91
Tabel 23. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 3 stiimulijadades.	93
Tabel 24. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed katse 4 stiimulijadades.	94
Tabel 25. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 4 stiimulijadades.	96
Tabel 26. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed katse 5 stiimulijadades.	97
Tabel 27. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 5 stiimulijadades.	99
Tabel 28. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed katse 6 stiimulijadades.	100
Tabel 29. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 6 stiimulijadades.	102
Tabel 30. Tajuskooride ANOVA katsete 3–6 stiimuliseeriates (sõltumatud faktorid Rühm ja V2 kestus).	103
Tabel 31. L1 ja L2 rühma tajuskooride ANOVA katsetes 3–6 (sõltumatud faktorid V1 kestus ja V2 kestus).	104
Tabel 32. L1 ja L2 tajuskooride ANOVA stiimuliseeriates V1 = 160 ja V1 = 180 ms (sõltumatud faktorid Katse ja V2 kestus).	105
Tabel 33. L1 ja L2 rühma lühike/pikk kategooriapiiride asukohad ja vastavad kestussuhted kõigis stiimulijadades.	105
Tabel 34. L1 ja L2 rühma Q1, Q2 ja Q3 sõnade keskmised segmendikestused (ms) ja välteid iseloomustavad kestussuhted.	114

I. SISSEJUHATUS

Üleilmastavas maailmas, kus inimeste ja informatsiooni liikumine on vaba, tuleb edukaks toimetulekuks osata peale emakeele vähemalt ühte, veel parem mitut võõrkeelt. Põhimõtteliselt on ju iga inimene võimeline lisaks emakeelele omandama mistahes võõrkeele(d), selleks on tal olemas kõik anatoomilised ja kognitiivsed eeldused. Kuid kui võõrkeele õppimisega alustatakse teismeeas või alles täiskasvanuna, on tavaliselt paratamatuks kaasnähtuseks sihtkeele tüüpilisest hääldusest hälbev kõne, mida selle keele sünnipäraseid kõnelejad tajuvad aktsendina. Emakeelsed kuulajad on tihtipeale väga tundlikud hääldushälvete suhtes ja on võimelised tuvastama võõrkeelset aktsenti juba väga lühikeste kõnesegmentide (30 ms) põhjal (Flege 1984).

Võõrkeelse aktsendi probleem on eksisteerinud tõenäoliselt sama kaua, kui inimkond on suhelnud kõne abil, ja seda on juba ammustest aegadest kasutatud kui lingvistilist parooli identifitseerimaks indiviidi kuulumist või mittekuulumist „omade” hulka, nagu on kirjeldatud Piiblis (Kohtumõistjate raamat 12: 4–6):

Ja Jefta kogus kokku kõik Gileadi mehed ning sõdis Efraimi vastu; ja Gileadi mehed löid Efraimi, kes oli öelnud: „Te olete Efraimist ära jooksnud. Gilead on keset Efraimi ja keset Manasset.”

Ja Gilead vallutas Jordani koolmed Efraimi poole; kui siis mõni Efraimi põgenik ütles: „Lase ma lähen üle!”, küsisid Gileadi mehed temalt: „Kas sa oled efraimlane?” Ja kui ta vastas: „Ei!”, ütlesid nad temale: „Ütle siis: Šibbolet!”; ütles ta aga: „Šibbolet”, sellepärast et ta ei osanud õigesti hääldada, võtsid nad ta kinni ja tapsid Jordani koolmete juures. Nõnda langes sel ajal Efraimist nelikümmend kaks tuhat.

Kuigi aktsent on lihtsalt tajutav ja intuiitiivselt arusaadav mõiste, ei ole sellel korrektset definitsiooni. Üldise konsensuse kohaselt mõistetakse termini „võõrkeele aktsent” all kõrvalekallet keelele omast tüüpilisest hääldusest, mis on tingitud kõneleja emakeelest. Munro (2006) loetleb võõrkeelse aktsendiga kõne tunnustena järgmisi tegureid:

- kõneleja ei räägi oma emakeeles,
- erineb süstemaatiliselt emakeelsest kõnest,
- ei ole patoloogiline,
- hälbed on kuuldeliselt tajutavad.

Üldtunnustatud seisukoha järgi on võõrkeelse aktsendi peamiseks põhjuseks imikueas omandatud emakeelsed hääldus- ja tajumallid (foneetilised/fonoloogilised kategooriad) (Polivanov 1931; Trubetzkoy 1939; Lado 1957; Lenneberg 1967; Selinker 1972; Kuhl 1991; Best 1994b; Flege 1995; Major 2001 jt). Keelemallide omandamise eelduseks on kategoriaalne tajutaju – see on kõnetaju võime jagada pidevalt muutuvat kõnesignaali diskreetseteks üksusteks ja klassifitseerida neid üksusi erinevateks foneetilisteks/fonoloogilisteks kate-

gooriateks. Imikute keelelist arengut uurides leiti, et kategoriaalne tajus on sünnipärane võime (Eimas jt 1987). Selline võime toetab hüpoteesi, et kõnemallide omandamiseks on olemas väikelastel mingid õppimismehhanismid ja et foneetiliste/fonoloogiliste kategooriate tajus sõltub keelest, mida esimestest elupäevadest alates kuulatakse. Esimese eluaasta jooksul omandab laps oma emakeele põhilised fonoloogilised kategooriad (nt Cheour jt 1998) ja õpib segmenteerima pidevat kõnesignaali diskreetseteks segmentideks – vokaalideks ning konsonantideks. Eksperimentaalsed uuringud on näidanud, et vokaalikategooriad kujunevad imikul välja esimese kuue elukuu jooksul (Kuhl jt 1992; Polka, Werker 1994), konsonantide kategooriad aga 10–12 kuu vanuselt (Werker, Tees 1984). Emakeele häälikumallide omandamise järel kurdub lapse kõnetaju emakeeles mitteesinevate kategooriate suhtes. See nn „fonoloogiline kurtus” on püsiv ja põhjustab raskusi võõrkeeles esinevate kontrastide tajumisel ning võõrkeeles häälduse omandamisel (Dupoux, Peperkamp 2002). Fonoloogiline kurtus on määratud eelkõige emakeele fonoloogilise süsteemiga, see ilmneb erinevate võõrkeelte puhul erinevalt (sõltuvalt võõrkeeles fonoloogilisest süsteemist) ja võib esineda nii segmentaalsete kui ka prosoodiliste kategooriate tajumisel. Toome siinkohal mõned näited: 1) jaapanlastel on raskusi eristada inglise keeles foneeme /r/ ja /l/ (nt Yamada 1995), sest jaapani keeles on ainult üks liikviid – /r/, mis kuuldeliselt on lähedasem pigem inglise /l/-le kui /r/-le (Takagi 1993); 2) hispaania emakeelega kõnelejad ei erista inglise vokaalfoneeme /i/ ja /ɪ/ ning vastendavad neile hispaania keeles /i/-vokaali (Flege 1991); 3) kontrastiivne kestus (lühikeste-pikkade foneemide vastandus) on omane kvantiteedikeeltele, näiteks jaapani, eesti ja soome keelele, kuid kestusvastandust ei esine näiteks prantsuse, vene ja hispaania keeles; 4) rõhu akustilisteks korrelaatideks on valjus, põhitooni sagedus ja kestus (Lehiste 1970), kuid mitte kõik keeled ei kasuta neid tunnuseid rõhu väljendamiseks – kontrastiivse kestusega keeltes ei ole kestus rõhu peamiseks korrelaadiks (Hayes 1995), näiteks eesti keeles on rõhk seotud valjuse ja põhitooniga (Eek 1987), kuid vene keeles eelkõige kestusega (Bondarko 1977).

Käesolev väitekiri on loomulikult jätkuks minu võõrkeeles aktsendialastele uuringutele, mille raames olen varasemalt käsitlenud venekeelse aktsendi akustilisi tunnuseid (Meister 2005, 2006a; Meister, L., Meister, E. 2005) ja aktsendi suuruse hindamist (Meister 2006b, 2007; Meister, L., Meister, E. 2007; Pajupuu jt 2010). Doktoritöös uurin põhjalikumalt, kuidas eesti keelt teise keelena kõnelevad vene emakeelega keelejuhid tajuvad eesti fonoloogilisi kategooriaid (vokaalid, lühike/pikk foneem, välted) ja kuidas need kategooriad realiseeruvad samade keelejuhtide eestikeelses kõnes. Tajukatsete ja akustilise analüüsi tulemusi võrdlen eesti emakeelega keelejuhtide tulemustega samades katsetes.

I.1. Töö eesmärk ja struktuur

Doktoritöö eesmärkideks on (1) võrrelda eesti ja vene emakeelega keelejuhtide tajutajade hääldust erinevate fonoloogiliste kategooriate puhul, (2) uurida tajutajade häälduse vahelisi seoseid, (3) tõlgendada tulemusi erinevate aktsenditeooriate kontekstis ja (4) selgitada L2 tajumehhanismide olemust ning hääldushälvete põhjusi. Töös käsitletakse kolme liiki eesti keele fonoloogiliste kategooriate – vokaalid, lühike/pikk foneem, välted – tajutajade akustilisi tunnuseid ning nende vahelisi seoseid. Tegemist on kontrastiivse eksperimentaalfoneetilise uurimusega, milles eesti ja vene emakeelega keelejuhtide tajutajade hääldust uuritakse võrdsetes tingimustes, st kõik keelejuhitud osalevad samades tajueksperimentides ning loevad akustilise analüüsi tarvis ühte ja sama tekstikorpust.

Töö ülesehitus on järgmine:

- esimeses peatükis on sissejuhatus, kus tutvustan töö eesmärgi ja struktuuri ning esitan ülevaate doktoritöö kontekstis olulistest võõrkeelse aktsendi käsitlemiseks vajalikest põhimõistetest ja aktsendi olemust selgitavatest teooriatest,
- teises peatükis võrdlen eesti ja vene vokaalisüsteemi ning kestuse rolli eesti ja vene keeles,
- kolmandas peatükis tutvustan töös kasutatud metoodikat, keelejuhte ja kõnematerjali,
- neljandas peatükis esitan vokaalikategooriate tajutajade akustilise analüüsi tulemusi,
- viiendas peatükis käsitlen lühike/pikk kategooria tajutajade akustiliste mõõtmiste tulemusi,
- kuues peatükk on pühendatud eesti vältete tajutajade akustikale,
- seitsmendas peatükis esitan töö kokkuvõtte.

I.2. Mõisted ja aktsenditeooriad

Järgnevalt esitan doktoritöö seisukohalt oluliste mõistete definitsioonid ja lühivõrded erinevatest aktsenditeooriatest.

I.2.1. Mõisted

Emakeel (L1) (ingl *first language* (L1), *native language*, *primary language*, *mother tongue*) – keel, mida laps sünnijärgselt omandab.

Teine keel (L2) (ingl *second language* (L2)) – termin on kasutusel kahes tähenduses: (1) keel, mida õpitakse peale emakeele omandamist (tegemist võib olla ka kolmanda või enama keelega); (2) keel, mis on ametlikult kehtestatud riigikeeleks või keelekeskkonnas domineeriv keel, mille oskus on vajalik toimetulekuks antud riigis või piirkonnas. Eesti keele staatus riigikeelena kohustab Eestis elavaid mitte-eestlasi õppima eesti keelt teise keelena.

L2 õppimine võib aset leida, kas koolis või L2 keelekeskkonnas loomulikult, kokkupuutes selle keele kõnelejatega.

Võõrkeel (ingl *foreign language*) – üldine termin, mille all mõistetakse igasugust muud keelt, mis ei ole emakeel; tüüpiliselt õpitakse seda koolis.

Sihtkeel (ingl *target language*) – keel, mida parajasti õpitakse.

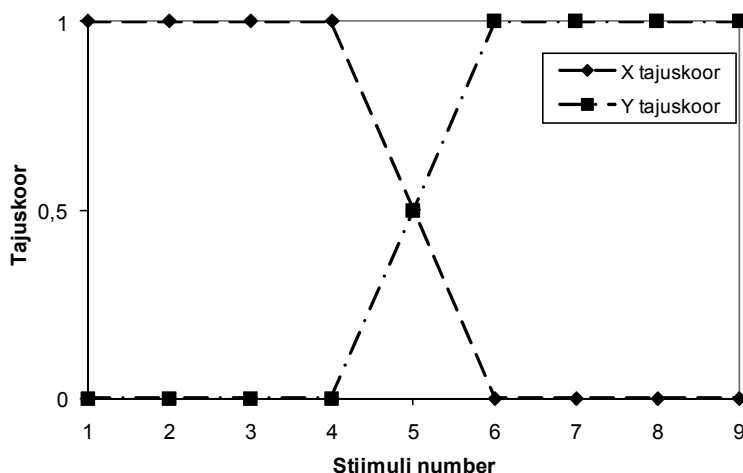
Võõrkeele aktsent (ingl *foreign accent*) – süstemaatiline kõrvalekalle keelele omasest hääldusest, mis on tingitud kõneleja emakeelest.

Hääldusalus, artikulatsioonibaas, keele alus, foneetiline seadistus, artikulaatorne seadistus, artikulaatorne alus (ingl *phonetic settings, bases of a language, articulatory settings* (Mennen jt 2010; vt ajalooline ülevaade Jenner 2001); vene keeleteaduses on kasutatud valdavalt terminit *артикуляционная база* (nt Kolosov 1971; Kuznetsova 1975; Kulešov, Mišin 1987; Ljubimova 1985)) – eri keeltele omast kõneorganite kasutust kirjeldavad terminid, millega tähistatakse püüet hoida kõneaparaati keelespetsiifilises lähteasendis. Kuna keeled erinevad huulte ümardatuse, huulte ja keele pingsuse, foneerimise viisi, alalõua asendi, põhitooni registri ja ulatuse jm poolest, siis peetakse hääldusalus võõrkeelse aktsendi üheks põhjuseks. Võrdlevates artikulatsiooniuuringutes on leitud, et isegi identsena näivate foneetiliste kategooriate akustilis-artikulaatoorsed tunnused on keeliti erinevad (Ladefoged 1983). Artikulatsioonorganite röntgenülesvõtted lausetevahelistes pausides (kõneorganid on liikumatud, kuid siiski kõneasendis) on näidanud, et keele asend ja huulte ümardatus on inglise ja prantsuse keelejuhtide korral erinevad (Gick jt 2004). Toetust keelespetsiifilise artikulaatorse seadistuse olemasolule on andnud ka artikulaatsiooni ultraheli uuringud (Wilson, Gick 2006a, Wilson, Gick 2006b). Samas pole uuritud, kas ja kuidas liikumatus asendis leitud artikulaatorse seadistuse erinevused mõjutavad eri häälikute dünaamilisi artikulatsioonimustreid ning milline on artikulaatorse seadistuse roll võõrkeelse aktsendi tekkes. Seetõttu on tegemist siiski pigem hüpoteesiga, sest toetavaid empiirilisi andmeid on seni veel liialt vähe (Mennen jt 2010).

Kategoriaalne taju (ingl *Categorical Perception*) on tajunähtus, mille puhul sammhaaval muudetavat stiimulit ei tajuta proportsionaalselt muutuse sammuga, vaid ühena kahest võimalikust alternatiivist, tajutsustuse muutus leiab aset siis, kui ületatakse kategooria piir. Teisisõnu, kategooria piires aset leidvad tunnuse variatsioonid (mis võivad olla oma ulatuselt küllalt suured) ei põhjusta tajutsustuse muutust, kuid kategooriapiiri ületav muutus (mis võib olla oma ulatuselt suhteliselt väike) kutsub selle esile.

Termini „kategoriaalne taju” võttis kasutusele Alvin Liberman 1950. aastatel, kes avastas nimetatud nähtuse silbialguliste konsonantide tajutunnuseid uurides (Liberman jt 1957; Cooper jt 1952). Kategoriaalse taju katsetes kasutatakse stiimulijada, kus esimene ja viimane stiimul esindavad erinevate kategooriate (X ja Y) prototüüpe ja vahepealsed stiimulid saadakse mingit akustilist parameetrit kindla sammu võrra muutes. Sellise jada puhul tajuvad kuulajad jada alguses paiknevate stiimulite korral kategooriat X ja lõpus kategooriat Y, kategooria järsk muutus leiab aset mingi jada keskosas asuva stiimuli korral

(vt joonis 1). Stiimulit, mida kuulaja peab võrdselt kuuluvaks mõlemasse kategooriasse, nimetatakse kategooria piiriks (stiimul 5 joonisel 1).



Joonis 1. Kategooriaalse taju illustatsioon. Stiimulite 1–4 korral tajutakse kategooriat X, stiimulite 6–9 korral kategooriat Y, kategooriapiiriks on stiimul 5.

Kategooriapiirid ei ole jäigad, vaid sõltuvad mitmetest teguritest, nagu näiteks stiimulite järjestus jadas, stiimulite akustiline kvaliteet, segmentaalne kontekst, üldine kõnetempo, kuulaja emakeel jm (Repp, Liberman 1987).

Kontrastiivse analüüsi (ingl *Contrastive Analysis*) (Lado 1957) meetodit kasutati võõrkeele õpetamisel aktiivselt 1960. aastatel eelkõige pedagoogilistel eesmärkidel. See lähtus eeldusest, et teise keele struktuuride omandamisega seotud raskused on ennustatavad emakeele ja sihtkeele vastavate struktuuride võrdleva analüüsi abil. Meetodi kohaselt oli võõrkeelse aktsendi nähtuste selgitamise aluseks L1 ja L2 fonoloogiliste süsteemide kontrastiivne võrdlus ja aktsendi põhilise põhjusena nähti L1 fonoloogilise süsteemi elementide negatiivset ülekannet (interferentsi) L2 hääldusesse. Uuringud osutasid peagi, et kontrastiivne analüüs ei selgita paljusid aktsendinähtusi. (Saville-Troike 2007)

I.2.2. Aktsenditeooriad

Kriitilise perioodi hüpoteesi (ingl *Critical Period Hypothesis*) (Lenneberg 1967) kohaselt on keele omandamise võime seotud bioloogilise vanusega. Hüpoteesi kohaselt on keele omandamisel olulise tähtsusega lapse esimesed eluaastad kuni puberteedieani, mil aju on veel piisavalt plastiline ja võimeline kohanema õpitava keele struktuuridega. Hilisemas eas kaotab aju sellise kohanemisvõime ja keelestruktuuride täiuslik omandamine pole enam võimalik.

Lennebergi väite kohaselt kehtib see kognitiivne piirang nii emakeele kui teise keele omandamise kohta ja seda on näidanud ka mitmed hilisemad uuringud (Johnson, Newport 1989; Birdsong, Molis 2001 jt). Long (1990) kasutab terminit „tundlik periood” ja tema hüpoteesi (ingl *Sensitivity Period Hypothesis*) kohaselt ei kao keele omandamise võime tundliku perioodi lõppedes järsult, vaid see väheneb järk-järgult. Mitmed uuringud on näidanud, et võõrkeelse häälduse omandamine L1 kõnelejatega lähedasel tasemel on siiski võimalik ka täiskasvanud keeleõppijate korral (Birdsong 2007; Bongaerts jt 1995; Young-Scholten 2002; vt ülevaadet Birdsong 2006).

Emakeele magnetefekti (ingl *Native Language Magnet – NLM*) (Kuhl 1991) defineerimise aluseks on 2 kuni 14 kuu vanuste imikute kõnetaju arengu uuringud, mille tulemuste kohaselt on imikud sünnijärgselt võimelised kuuldelselt eristama kõikvõimalikke foneetilisi mustreid, kuid esimese eluaasta jooksul häälestub nende kõnetaju emakeele foneetilistele kategooriatele ja kurdistub osaliselt selliste foneetiliste kontrastide suhtes, mida emakeeles ei esine (Werker, Tees 1999). Omandatud emakeele foneetiliste kategooriate prototüübid toimivad tajuruumis magnetitena, mis tõmbavad ligi oma mõjupiirkonda sattunud häälikuvariatsioone. Tulemusena väheneb prototüübi ja tajutava hääliku vaheline psühhoakustiline kaugus ja halveneb võime eristada prototüübi läheduses paiknevaid häälikuvariante. Emakeele magnetefekti on peetud teguriks, mis pärsib täiskasvanuna teise keele foneetiliste mustrite eristamist ja omandamist (Kuhl, Iverson 1995).

Imikute kõnetaju uuringud (Kuhl jt 1992; Polka, Werker 1994; Werker, Tees 1984; Best 1994a,b jt) valdavalt toetavad emakeele magnetefekti hüpoteesi, kuid mitmed eksperimentaalsed tulemused selle olemasolu ei kinnita (Polka, Bohn 1996). Ka kõnetaju arengu matemaatilise mudeli abil saadud tulemused näitavad, et foneetiliste kategooriate taju baseerub lihtsal mudelil, mis võrdleb tuvastatavat häälikut mälus salvestunud (hääliku)eksemplaride hulgaga ja kategoriseerimine seisneb lähima prototüüpeksemplari leidmises, magnetefekti kui sellise (st prototüüp justkui tõmbaks ligi) olemasolu antud mudel ei kinnita (Lacerda 1995). Ka Lotto jt (1998), Lotto ja Holt (2006) ning Lotto (2000) töödes näidatakse, et magnetefekti näol on tegemist klassikalise kategooriaalse taju nähtusega.

Pertseptiivse assimilatsiooni mudel (ingl *Perceptual Assimilation Model – PAM*) (Best 1994a,b, 1995; Best, Tyler 2007) lähtub hüpoteesist, et kõnetaju- ja produktsiooni elementaarsed ühikud on artikulaatorsete žestide sarnasusele/erinevusele emakeele lähimast prototüübist. PAMi esmane versioon (Best 1994a) eeldab, et võõrkeeleõppija alustab teise keele õppimist ükskeelsena, st ta on eelnevalt omandanud emakeele fonoloogilise süsteemi ja tema kõnetaju on kohandunud emakeelsete foneetiliste kontrastide eristamisele. PAMis esitatud assimilatsioonitüübid kirjeldavad olukorda, kui L2 õppija puutub esmakordselt kokku võõra fonoloogilise süsteemi ja foneetiliste mustritega. Mudeli kohaselt on võimalikud järgmised pertseptiivse assimilatsiooni variandid (Best 1995):

A1: Assimileerumine L1 kategooriaga – sel juhul kuulatakse L2 häälikut kui L1 kategooria (a) head eksemplari, (b) vastuvõetavat, kuid mitte ideaalset eksemplari, (c) tunduvalt hälbivat eksemplari.

A2: Assimileerumine L1 süsteemis puuduva kategooriaga – sel juhul tajutakse, et tegemist on kõneüksusega, mis ei ole ühegi L1 kategooria eksemplar.

A3: Assimileerumine kategooriaga, mida tajutakse kui mingit kõnevälisist signaali.

Võõrkeeke õppimise käigus kohaneb emakeele tajuruum L2 kategooriatega ja areneb ühiseks L1-L2 tajuruumiks, mahutades selles mõlema keele fonoloogilised ning foneetilised kategooriad. PAMi edasiarendus PAM-L2 käsitleb just sellist arengut ja pakub välja neli hüpoteesi (Best, Tyler 2007):

H1: Kui mingit L2 fonoloogilist kategooriat tajutakse kui L1 kategooria head eksemplari (st üks L2 kategooria assimileerub ühe L1 kategooriaga), siis käsitletakse neid fonoloogiliselt ja foneetiliselt identsete kategooriatena.

H2: Kui ühele ja samale L1 kategooriale vastendub kaks L2 kategooriat, kuid ühte neist tajutakse L1 kategooria hälbiva eksemplarina, siis võib eeldada, et selle jaoks luuakse uus L2 kategooria ning paremini vastenduvat L2 kategooriat käsitletakse L1 kategooriaga identsena.

H3: Kui ühele ja samale L1 kategooriale vastendub kaks L2 kategooriat ja mõlemat tajutakse kui L1 kategooria head või võrdselt hälbivat eksemplari, siis võib prognoosida, et selliste L2 kategooriate eristamine valmistab keeleõppijale suuri raskusi ja nende kategooriate vastandamisel moodustatavaid L2 sõnu tajutakse homofoonidena. Et keeleõppija taju kohaneks selliste L2 kontrastidega, on oluline, et kõigepealt õpitakse eristama neid kontraste foneetiliselt, ja et vähemalt ühe L2 hääliku jaoks luuakse uus foneetiline kategooria, mis omakorda on uue L2 fonoloogilise kategooria tekkimise eelduseks.

H4: Kui L2 kategooria ei assimileeru ühegi L1 kategooriaga, siis on uute L2 kategooriate omandamine suhteliselt lihtne.

Kõne õppimise mudel (ingl *Speech Learning Model* – SLM) (Flege 1995) käsitleb täiskasvanud keeleõppija teise keele omandamise protsessi seoses L2 kategooriate taju ja hääldusega ning L2 õppimise eaga. SLMi lähtekohaks on neli postulaati, mille alusel on formuleeritud seitse hüpoteesi.

Postulaadid

P1: L1 häälikusüsteemi omandamise mehhanismid ja protsessid jäävad muutumatuks kogu eluea jooksul ja neid võib kohaldada ka L2 õppimiseks.

P2: Häälikute keelespetsiifilised omadused on määratletud pikaajalises mälus foneetiliste kategooriatena.

P3: Lapseeas omandatud L1 foneetilised kategooriad arenevad kogu eluea kestel, kajastamaks kõigi L1 või ka L2 häälikute kui vastavate kategooriate realisatsioonide omadusi.

P4: Kakskeelsed püüavad säilitada ühises fonoloogilises ruumis esinevaid L1 ja L2 foneetiliste kategooriate vahelisi kontraste.

Hüpoteesid

H1: Kuuldeliselt sarnased L1 ja L2 häälikud vastendatakse positsiooniliste allofoonide, mitte abstraktsete foneemide tasandil.

H2: Kui L2 häälik erineb mingi foneetilise tunnuse poolest lähimast L1 häälikust, siis luuakse selle jaoks uus foneetiline kategooria.

H3: Mida suurem on L2 hääliku ja lähima L1 hääliku tajutav foneetiline erinevus, seda suurema tõenäosusega nende foneetilisi erinevusi märgatakse.

H4: Tõenäosus tajuda L1 ja L2 häälikute erinevusi ning L2 häälikute kontraste väheneb kui L2 õppimise vanus kasvab.

H5: Ekvivalentse klassifitseerimise mehhanism võib blokeerida uue kategooria loomise L2 hääliku jaoks; sel juhul tajutakse vastanduvaid L1 ja L2 häälikuid ühe foneetilise kategooriana, mis omakorda väljendub ka L2 häälduses.

H6: Kakskeelsete tajuruumis L2 häälikute jaoks loodud foneetilised kategooriad võivad erineda ükskeelsete vastavatest kategooriatest.

H7: Hääliku hääldus vastab tema foneetilise kategooria omadustele tajuruumis.

PAM ja SLM on üksteist täiendavad, mitte vastanduvad mudelid – mõlema mudeli kohaselt sõltub võõrkeele häälikusüsteemi omandamise edukus L1 ja L2 kõneüksuste foneetilise kauguse tajust: 1) akustiliselt ja pertseptiivselt lähedasi L2 kategooriaid on raske eristada ja need assimileeruvad vastava(te) L1 kategooria(te)ga; 2) L1 kategooriast akustiliselt ja pertseptiivselt erineva L2 häälikuklassi jaoks luuakse uus kategooria; 3) L1 ja L2 kategooriate assimilatsioon toimub allofoonilisel, mitte abstraktsete foneemide tasandil.

Rakendades PAM ja SLM hüpoteese, on Escudero ja Boersma (2002) käsitlenud eri L1 ja L2 kombinatsioonide korral esinevaid vokaalide ja konsonantide assimilatsioonimustreid, esitades lisaks PAMis välja pakutud ühe ja kahe kategooria assimilatsioonile mitme kategooria assimilatsiooni. Sellega on tegemist juhul, kui L2 binaarset kontrasti esindavad kategooriad assimileeruvad rohkem kui kahe L1 kategooriaga. Näiteks kui emakeeleks on hollandi keel ja sihtkeeleks hispaania keel – hispaania keele eesvokaalid /i/ ja /e/ võivad assimileeruda kolme hollandi eesvokaaliga (/i/, /ɪ/, /ɛ/).

Desensibiliseerimise hüpotees (ingl „*Desensitization*“ *Hypothesis*) (Bohn 1995) rajaneb uuringutulemustel, mis on näidanud, et L2 kategooriate tajutavust ei saa alati seletada L1 kategooriate ülekandega. Vastupidiselt ootustele, on L2 kuulajad teatavasti L2 vokaalipaaride kuuldusel eristamisel lähtunud akustilistest tunnustest, mida kuulajate emakeele fonoloogilises süsteemis ei kasutata kontrastiivselt (Bohn, Flege 1990; Flege jt 1994). Näiteks inglise keele vokaalid /i/ ja /ɪ/ erinevad teineteisest nii spektraalselt kui ka kestuselt, kuid inglise L1 kuulajad eristavad neid eelkõige spektraalsete tunnuste alusel. Tajueksperimentid hispaania ja hiina emakeelega kuulajatega näitasid aga, et inglise /i/ ja /ɪ/ eristamisel on esmaseks tunnuseks kestus, kuigi hispaania ja hiina keeles ei vastandu vokaalid kestuse alusel (Bohn 1995). Need (ja veel mitmed) eksperimentid näitasid, et L2 vokaalide kuuldusel eristamisel on kestus L2 kuulajatele hõlpsasti tajutav tunnus sõltumata sellest, kas nende L1 kasutab kestust kontrastiivselt või mitte. Nende tulemuste alusel on sõnastatud desensibiliseerimise hüpotees, mis väidab, et kui spektraalsed tunnused ei ole L2 kuulaja jaoks vokaalikontrastide eristamiseks piisavad (st L1 kategooriad on muutunud L2 tajutundetuks spektraalsete tunnuste suhtes – sellest tuleneb ka hüpoteesi nimetus), siis eristatakse vokaale nende kestuse alusel. Et see hüpotees kehtib L2 kuulajate puhul, kelle emakeeles ei esine kestusvastandust, siis ei saa olla tegemist L1 tajustrategia ülekandega, vaid tõenäoliselt on tegemist üldise kõnetajale omase mehhanismiga.

Tunnuse hüpotees (ingl *Feature Hypothesis*) (McAllister jt 2002) on tuletatud Flege kõne õppimise mudeli hüpoteesist H5 ja on sõnastatud järgmiselt: „L2 kuulajal on raske tajuda L2 tunnust, mida tema emakeel ei kasuta fonoloogiliste kontrastide loomisel ja seetõttu on keeleõppijal raskusi sellel tunnusel baseeruvate kontrastide realiseerimisega L2 häälduses”.

Tunnuse hüpotees on vastuolus eelnevalt käsitletud desensibiliseerimise hüpoteesiga, kuid sellele annavad veenvat empiirilist tuge kestuskategooriate tajukatsetes saadud tulemused. Näiteks on uuritud rootsi keele fonoloogiliste kategooriate lühike/pikk eristamist eri L1 taustaga – hispaania, inglise, eesti – kuulajate poolt, kelle emakeeles on kestusel erinev roll. Hispaania keeles ei ole kestusel fonoloogilist rolli, inglise vokaalide *tense-lax* vastandus põhineb spektritunnuste ja kestuse koostoimel, eesti keeles on kestus fonoloogiline ja lühike/pikk vastandus esineb kõigi vokaalide ning konsonantide puhul. Tunnuse hüpoteesi kohaselt võib oodata, et inglise ja hispaania emakeelega kuulajatel on

raskusi rootsi kvantiteedivastanduste tajumisel ja hääldamisel, eesti kuulajatel aga mitte. Katsetulemused olid kooskõlas hüpoteesiga – eesti kuulajate taju ja hääldus olid lähedased rootsi emakeelega katsealustele, hispaania rühma tulemused olid kõige halvemad, inglise rühma tulemused olid aga hispaania ja eesti rühma vahepealsed. Tulemused kinnitasid tunnuse hüpoteesi, näidates veenvalt, et kestusel põhinevate L2 kategooriate omandamise edukus sõltub kestuse rollist L1s (McAllister jt 2002). Need tulemused ei lükka ümber desensibiliseerimise hüpoteesi, sest kirjeldatud eksperimendid käsitlesid erinevate fonoloogiliste kategooriate taju.

Eelkirjeldatud mudelid ja hüpoteesid annavad käesolevale tööle üldisema teoreetilise raamistiku. Erinevate eksperimentide kavandamisel ja tööhüpoteeside püstitamisel olen lähtunud erinevatest teooriatest – vokaalikategooriate tajueksperimentide hüpoteeside aluseks on PAM ja SLM, lühike/pikk kategooria ning vältetaju eksperimentide puhul on olulised desensibiliseerimise ja tunnuse hüpoteesid. Eelkirjeldatud aktsenditeooriate aluseks on tulemused, mis on saadud piiratud arvu L1 ja L2 kombinatsioonide uurimisel, seetõttu ei ole need aktsendikäsitlused alati kohased selgitamiseks vene keelest tulenevate aktsendinähtude olemust eesti keeles.

2. EESTI JA VENE KEELE FONOLOOGILISE SÜSTEEMI VÕRDLUS

Varasemad uurimistulemused on näidanud, et vene aktsenti eesti keeles iseloomustavad süstemaatilised hälbed (1) vokaalide ja diftongide, (2) kõne ajalise struktuuri, (3) sõnarõhu ja (4) klusiilide akustilistes tunnustes (Meister 2005, 2006a). Käesolevas töös uurin põhjalikumalt kahe kategooria – vokaalid ja kesetusel põhinevad vastandused – taju ning hääldust. Esitan järgnevalt eesti ja vene keele vastavate fonoloogiliste kategooriate võrdluse.

2.1. Eesti vs. vene vokaalisüsteem

Eesti keeles on üheksa vokaalfoneemi, mis keele kõrgusastmete järgi jagatakse kõrgeteks /i, ü, u/, keskkõrgeteks /e, ö, õ, o/ ja madalateks /ä, a/ vokaalideks. Häälduskoha paiknemise järgi ees-taga dimensioonis jagunevad need eesvokaalideks /i, ü, e, ö, ä/ ja tagavokaalideks /u, o, õ, a/; huulte ümardatuse tunnuse [±ümar] järgi jaotuvad vokaalid ümardatud /ü, ö, u, o/ ja ümardamata /i, e, ä, õ, a/ vokaalideks (Eek 2008:72–76).

Vene vokaalisüsteemis on kuus vokaali, mis kõrge-madal dimensioonis jaotuvad kõrgeteks /i, u, ɨ/, keskkõrgeteks /e, o/ (/e/ on pigem keskmadal) ja madalaks /a/. Ees-taga dimensioonis jagunevad need eesvokaalideks /i, e/ ja tagavokaalideks /u, o/, kuid raskusi on vokaalide /a/ ja /ɨ/ määratlemisega. Sageli klassifitseeritakse neid kui keskvokaale, kuid liigitatakse vahel ka nii ees- kui tagavokaalide hulka kuuluvateks (Ljubimova 1977: 24). Ainsa madala vokaalina on /a/ häälduskoht varieeruv, realiseerudes foneetilisest kontekstist sõltuvalt erinevate allofoonidena, näiteks palataliseeritud konsonantide vahel kui [æ] – *сядь* [s'æt'] ('istu'), enne palataliseeritud konsonanti kui [a] – *даты* [dat'] ('andma') või palataliseerimata konsonandi järel kui [ɑ], kui talle järgneb [ɬ] – *палка* [paɬkɑ] ('kepp') (Bondarko jt 2000: 26–28). Artikulaatoorselt on vene /a/ siiski lähedasem taga- kui eesvokaalidele ja seetõttu on põhjendatud selle liigitus tagavokaaliks (Bondarko 1977: 80).

Sarnaselt /a/-ga esineb vene /ɨ/ erinevate allofoonidena sõltuvalt naaberkonsonantide artikulaatoorsetest tunnustest, lisaks iseloomustab teda keeleasendi muutus vokaali häälduse jooksul keskmisest positsioonist eespoolsemaks, mistõttu kuulduv vokaal pigem diftongina /ii/ (Bondarko, Verbitskaja 1987). Moskva fonoloogiakoolkond ei käsitle /ɨ/-vokaali iseseisva foneemina, vaid klassifitseerib seda kui /i/ positsioonilist allofooni, mis esineb ainult mitte-palataliseeritud konsonandi järel (vt arutelu Zinder 2007: 417–421). Tüüpiliselt realiseerub vene /ɨ/ keskvokaalina [ɨ] – *ты* [tɨ] ('sina'), velaarklusilide ja postalveolaarsete frikatiivide naabruses aga tagavokaalina [ɯ] – *ууука* [ʃɯʃkɑ] ('käbi') (Bondarko jt 2000: 28). Et vene /ɨ/ on artikulaatoorselt lähedasem pigem /u/-le

kui /i/-le, siis klassifitseeritakse seda kui ettepoole nihutatud tagavokaali (Ljubimova 1977: 27–28).

Lähtudes eelnevast kirjeldusest, esitan võrdlevalt eesti ja vene vokaalide artikulaatoorsed tunnused tabelis 1. Eesti ja vene vokaalisüsteemide võrdlusest on näha, et vokaalid /i, e, u, o, a/ on mõlemas keeles artikulaatoorsete tunnuste poolest sarnased, vene /i/ on eesti vastest osaliselt erinev, vokaalid /ü, ö, ä/ aga puuduvad vene keeles.

Tabel 1. Eesti ja vene vokaalide artikulaatoorsed tunnused (vokaalid on esitatud fonoloogilises ja foneetilises (IPA¹) transkriptsioonis, tähistatud vastavalt // ja []).

	Ees		Keskel	Taga	
	Ümardamata	Ümardatud		Ümardamata	Ümardatud
Eesti	/i/ [i]	/ü/ [y]		[u]*	/u/ [u]
	/e/ [e]	/ö/ [ø]	[ə]*	/õ/ [ɤ]*	/o/ [o]
	/ä/ [æ]			/a/ [ɑ]	
Vene	/u/ [i]		[i]**	/ы/ [u]**	/y/ [u]
	/ə/ [e,ɛ]				/o/ [o]
	[æ]***		[a]***	/a/ [ɑ]***	

* Eesti tagavokaal /õ/ võib lisaks keskkõrgele hääldusvariandile [ɤ] realiseeruda sõltuvalt kõnelejust ka eespoolsemana [ə] või ka kõrge tagavokaalina [u].

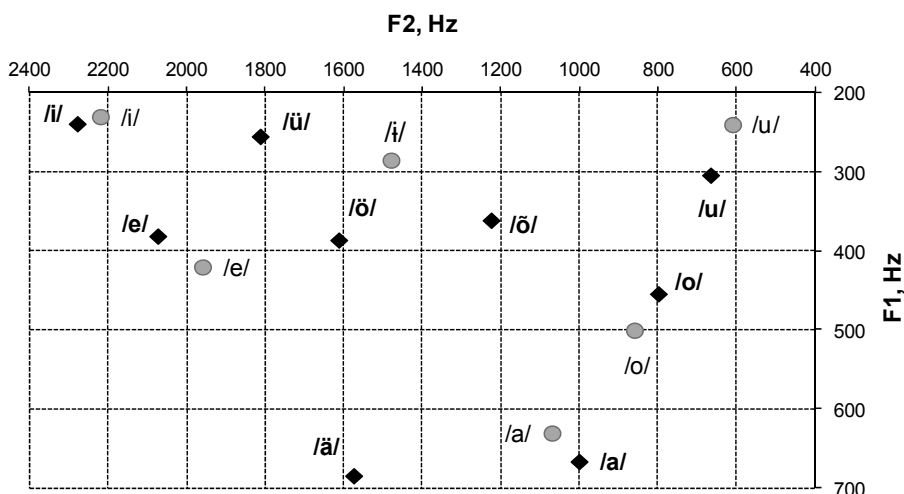
** Vene kõrge vokaal /ы/ realiseerub sõltuvalt foneetilisest kontekstist kas tagavokaalina [u] või keskvokaalina [i].

*** Vene madal keskvokaal /a/ realiseerub sõltuvalt foneetilisest kontekstist kas tagavokaalina [ɑ], keskvokaalina [a] või eesvokaalina [æ].

Esitades eesti ja vene isoleeritult hääldatud (hüperartikuleeritud) vokaalid ühtses akustilises ruumis F1 vs. F2 näeme, et vene vokaalid /i, e, u, o, a/ paiknevad vastavate eesti vokaalide lähedal, vene /i/-vokaal on aga tunduvalt eespoolsem ja kõrgem kui eesti /õ/ (vt joonis 2).

Kõik eesti üheksa vokaali esinevad nii lühikese kui pika monoftongina (resp üksik- ja topeltvokaalina) takti pearõhulises silbis, samuti on kõik üksik- ja topeltvokaalid esindatud ühesilbilistes sõnades; rõhutus silbis on /ä ü ö õ/ välistatud (murretes võivad siiski esineda) (Eek 2008: 95–96).

¹ IPA (ingl *International Phonetic Alphabet*) – rahvusvaheline foneetiline tähestik.



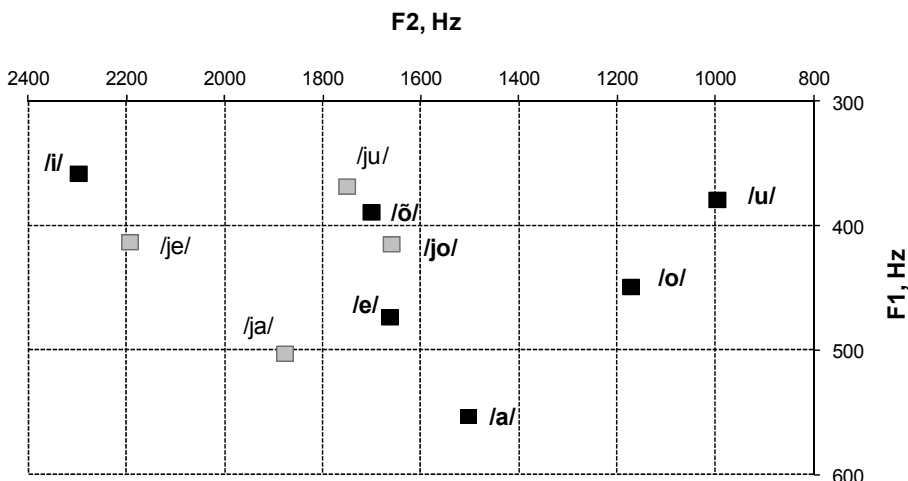
Joonis 2. Eesti (◆, tähised poolpaksus kirjas) (Liiv, Remmel 1970) ja vene (●, tähised tavalises kirjas) (Fant 1970) isoleeritult hääldatud vokaalide asetus akustilises ruumis.

Eesti vokaalide kvaliteet takti rõhulises ja rõhutus silbis on välteti erinev. Loetud kõnes on Q2 ja Q3 takti rõhulise silbi pikk vokaal kvaliteedilt lähedane vokaalitüübi sihtväärtusele, Q1 takti rõhuline lühike vokaal on aga pisut redutseerunud (st nihkunud vokaaliruumi keskkoha suunas). Rõhutus silbis on olukord vastupidine – Q1 vokaal on redutseerunud kõige vähem ja Q3 vokaal kõige rohkem. Siiski jäävad (loetud kõnes) vokaalide kvaliteedierinevused rõhulises silbis valdavalt ühe bargi piiresse ja pole üldjuhul tajutavad. (Eek, Meister 1998). Spontaanse kõne korral on leitud, et rõhulise silbi vokaalide kvaliteedierinevused Q1 taktis võrrelduna Q2 ja Q3 takti rõhuliste vokaalidega ületavad ühe bargi piiri; rõhutatud vokaalid on sõltumata vältest oluliselt redutseerunud (Lippus 2010).

Vene vokaalisüsteemile on omane suur allofooniline variatiivsus, mis on suures osas tingitud vokaali ümbritsevate konsonantide palataliseeritusest (Krivnova, Kuznetsova 1980). Tajueksperimendid, milles vene emakeelega kuulajad identifitseerisid erinevast konsonantümbrusest välja lõigatud rõhulisi vokaale, näitasid, et kuulajad olid võimelised eristama 18 erinevat allofooni; nii suure hulga vokaalivariantide kuuldalise eristamise aluseks arvati olevat naaberkonsonandi palatalisatsioonist tingitud i-taoline teise formandi siire vokaali spektris (Bondarko jt 1966). Hilisemad tajueksperimendid kinnitasid, et teise formandi siire on oluliseks tunnuseks vene vokaalide identifitseerimisel (Ljublinskaja, Slepokurova 1977). Lausekontekstis loetud CVC-segmentide spektraaluuring näitas, et vokaali statsionaarses osas mõõdetud formantide väärtused on erinevad palataliseeritud ja palataliseerimata naaberkonsonantide korral, ja et vokaalide allofoonilise variatiivsuse kirjeldamiseks on lisaks staatilistele spektraalsetele tunnustele (vokaali statsionaarses osas mõõdetud

formantväärtustele) vajalikud ka dünaamilised tunnused (formantide siirded) (Kuznetsov, Ott 1987; Kuznetsov 2001). Joonisel 3 esitatud vene allofoonide paigutusest akustilises ruumis ilmneb, et palataliseeritud konsonantide kontekstis realiseeruvad vokaalid allofoonidena, mis on nihutatud tunduvalt /i/-vokaali suunas (st eespoolsemad ja kõrgenenud) võrreldes vastavate allofoonidega palataliseerimata konsonantide kontekstis.

Rõhutus positsioonis esinevad ainult vokaalid /a, u, i, i/, kus need redutseeruvad märkimisväärselt nii kestuselt kui ka kvaliteedilt ja realiseeruvad sageli neutraalse vokaalina /ə/ (Bondarko 1977).



Joonis 3. Palataliseerimata (■, tähised rasvases kirjas) ja palataliseeritud (□, tavalises kirjas) vene vokaalide paigutus akustilises ruumis (Kuznetsov, Ott 1987).

Suuremahulise vene spontaanse ja loetud kõne korpuse (kogutud INTAS²-projekti raames) akustiline analüüs näitas vokaalide suuremat akustilist variatiivsust spontaanses kõnes võrreldes loetud kõnega. Samuti leiti, et otstarbekas oleks eristada kahte rõhuta vokaalide gruppi – rõhueelsed ja rõhujärgsed vokaalid, kusjuures rõhueelsed vokaalid on oma akustilistelt parameetritelt lähedasemad rõhulistele kui rõhujärgsetele vokaalidele (Bondarko jt 2003).

Sama korpuse detailsel foneetilisel märgendamisel kasutati vokaalide akustiliste variatsioonide kirjeldamiseks seitsme baasfoneemi (/i/, /e/, /i/, /o/, /u/, /a/ ja /ə³/) erinevaid allofoone (vt tabel 2). Kümne kõneleja spontaanses ja loetud kõnes esinenud allofoonide statistiline jaotus (vt tabel 3) näitab, et akustilised

² INTAS grant No 915 „Spontaneous Speech of Typologically Unrelated Languages (Russian, Finnish and Dutch): Comparison of Phonetic properties”.

³ Foneemi /ə/ vene keeles ei eksisteeri, kuid paljud vene vokaalid realiseeruvad rõhutus silbis allofoonidena, mis on foneetiliselt lähedased just sellele foneemile.

variatsioonid on rõhutute vokaalide puhul suuremad kui rõhuliste vokaalide korral. Kvalitatiivselt on kõige stabiilsemateks vokaalideks /i/ ja /u/, kõige enam varieerub vokaal /a/. (Bolotova 2005)

Tabel 2. Vokaalide märgendamisel kasutatud foneemide ja vastavate allofoonide loetelu spontaanses ja loetud venekeelses kõnes (Bolotova 2005).

Foneem	Allofoon
a	a, ɑ, ɒ, ɐ, ʌ, æ, ʏ
i	ɪ, i
o	ɔ, o, ɵ, œ, ø, ʊ
u	ʊ, u, y, ʏ, ɯ
ɨ	ɨ, ʉ
e	e, ɛ
ə	ə, ɐ, ɜ

Tabel 3. Vene vokaalfoneemide allofooniliste realisatsioonide protsentuaalne jaotus spontaanses ja loetud kõnes (Bolotova 2005).

Foneem	Allofoon	Spontaanne kõne	Loetud kõne
a (rõhuline)	a	64,0	69,1
	æ	12,1	12,8
	ɑ	8,6	9,1
	ɐ, e, ɛ, ə, ɜ	< 3,1	< 1,9
a (rõhuta)	a	42,9	40,9
	ə	14,9	15,1
	ɑ	5,9	6,4
	ɨ	5,3	4,3
	ɵ	5,0	6,0
	æ	4,5	5,2
	ʌ	4,0	5,0
	ɐ	3,5	2,6
	ɛ	3,2	3,1
	ɵ, ʊ, ʏ, e	<2,4	<2,3
ɨ (rõhuline)	ɨ	64,4	74,6
	ʊ	14,8	7,9
	ɵ	4,1	4,9
	ɯ	4,1	3,9
	ʉ	3,2	1,8
	ʏ, ə, ɪ	<1,9	<0,3

i (rõhuta)	i	48,9	52,8
	ə	12,2	11,7
	ə	9,3	8,8
	ɛ	6,8	5,9
	u	6,8	4,8
	e, ʏ, ʉ, æ, ɵ, ʊ	<2,1	<4,0
u (rõhuline)	ʊ	41,2	46,9
	u	38,3	33,2
	ʏ	8,6	9,6
	y, ə, o	<3,0	<4,2
u (rõhuta)	ʊ	41,0	43,2
	u	24,9	20,9
	ʏ	8,6	10,0
	ə	4,6	5,3
	ə	4,0	2,6
	ɵ, ʉ, ʊ, ɪ	<2,4	<2,7
i (rõhuline)	ɪ	45,0	44,2
	i	42,8	47,5
	ʏ, e, ə	<3,2	<2,6
i (rõhuta)	ɪ	43,2	45,2
	i	17,4	17,7
	e	13,2	12,2
	ɛ	5,3	4,7
	ə	4,8	4,8
	ʏ	4,0	4,1
	ə, i, æ, a	<2,8	<3,3
e (rõhuline)	e	71,4	70,1
	ɛ	13,8	17,8
	ə	6,3	5,9
	ɪ, ə	<2,2	<1,6
o (rõhuline)	ɵ	40,9	34,9
	o	33,5	36,4
	ø	6,5	8,6
	ɔ	5,4	8,8
	ʊ, œ, ə, ɵ	<3,3	<3,2

2.2. Kestuse roll eesti ja vene keeles

Eesti keeles on kestusel fonoloogiline funktsioon. Segmenditasandil võivad vokaalid esineda lühikese või pika monoftongina ja diftongina, konsonandid lühikesena või geminaadina ja konsonantühendina; takti (värsijala) tasandil on võimalik kolme välte eristus. Vältevastandus baseerub rõhulise ja rõhuta silbi erinevatel kestussuhetel (Lehiste 1997) või taktisiseste naaberhäälikute kestussuhetel (Traunmüller, Krull 2003; Eek, Meister 2003), olulist rolli vältete eristamisel mängivad ka põhitooni harja asukoht ja akustilise energia jaotus taktis (Lehiste 1997; Eek 1994; Lippus jt 2009). Traditsiooniliselt tähistatakse välteid kui esimene (Q1), teine (Q2) ja kolmas (Q3) välde, inglise keeles vastavalt *short* (Q1), *long* (Q2) ja *overlong* (Q3) *quantity degree* (töös on kasutatud vältete tähistamiseks rahvusvaheliselt tuntud ingliskeelseid lühendeid). Näiteks vokaalikesksed mallid: Q1 *sada* /sata/, nom.sg.; Q2 *saada* /saata/, sg.imperat.; Q3 *saada* /saa:ta/, da-infinitiiv ja konsonandikesksed mallid: Q1 *kala* /kala/, nom.sg.; Q2 *kalla* /kalla/, nom.sg.; Q3 *kalla* /kal:la/, 2.sg. imperat.

Vokaalide kestusvastandus (lühike vs. pikk monoftong) leiab aset ainult pearõhulises silbis. Kuigi rõhuta silbi vokaalide foneetiline kestus varieerub suurtes piirides, klassifitseeritakse need fonoloogiliselt lühikesteks vokaalideks.

Vokaalikestuste akustilise analüüsi mõõteandmeid on esitatud mitmetes töedes (nt Lehiste 1960; Liiv 1961; Eek 1974; Krull 1997; Eek, Meister 1998, 2003 jt). Osutub, et sõltuvalt kõnetempost ja -stiilist (loetud kõne, spontaanne kõne) varieerub CV(V):CV-tüüpi sõnades fonoloogiliselt lühikese vokaali absoluutne kestus Q1 takti rõhulises silbis 65 ms kuni 129 ms ja fonoloogiliselt pika vokaali kestus 125 ms kuni 254 ms Q2 taktis ning 176 ms kuni 371 ms Q3 taktis. Vokaali kestus rõhutus positsioonis muutub vahemikus 62 ms kuni 227 ms. Pika/lühikese vokaali kestussuhe on 1,7 kuni 2,2 ja 2,0 kuni 2,9 arvutatuna vastavalt Q2 ja Q1 ning Q3 ja Q1 rõhulistes silpides esinevate vokaalikestuste alusel (vt tabel 4). Pikk/lühike kestussuhe osutub vägagi stabiilseks näitajaks, olles keskmiselt 1,9 ja 2,5 vastavalt suhete Q2/Q1 ning Q3/Q1 korral. See suhe säilib isegi erinevate kõnetempode (vt tabel 4 Eek, Meister 2003 andmed) ja spontaanse kõne (vt tabel 4 Krull 1997 ning Asu jt 2009 andmed) korral. Pikk/lühike kestussuhte püsivus eri kõnetempode ja -liikide korral lubab oletada, et see pole juhuslik, vaid on tagatud artikulatsiooniprogrammiga kindlustamaks lühike vs. pikk fonoloogilise vastanduse usaldusväärset eristamist kõne tajumisel.

Lühike/pikk kategooria taju uuriti ühesilbiliste C1VC2–C1VVC2 sünteesstiimulitega, milles vokaali kestust muudeti vahemikus 40 kuni 250 ms 10 ms kaupa kolme erineva kõnetempot signaaliseeriva alguskonsonandi C1 kestuse (70, 100 ja 130 ms) korral. Tajukatsetes eesti keelejuhtidega selgus, et lühike/pikk kategooriapiir sõltub kõnetempost: C1 = 70 ms puhul oli kategooriapiiriks stiimul kestusega 100 ms, C1 = 100 ms ja C1 = 130 ms korral vastavalt 120 ms ja 140 ms (Eek, Meister 2003).

Tajueksperimendid, milles muudeti kahesilbilise CV(V)CV stiimuli rõhulise silbi vokaali kestust, andsid lühike/pikk kategooriapiiriks 115–130 ms sõltuvalt katsealuste piirkondlikust murdetaustast (Lippus, Pajusalu 2009).

Traditsioonilise vältekäsitluse kohaselt on eesti välteid iseloomustavate rõhulise ja rõhuta silbi tüüpilised kestussuhted järgmised: Q1 puhul 2:3 (0,67), Q2 puhul 3:2 (1,5) ja Q3 korral 2:1 (2,0) (Lehiste 1960). Mitmed hilisemad mõõtmistulemused on üldjoontes samad, varieerudes eri tempode ja kõnestiilide korral Q1 taktis 0,6 kuni 0,9, Q2 taktis 1,4 kuni 2,0 ja enim Q3 taktis 2,0 kuni 3,9 (vt tabel 4).

Tabel 4. Keskmised eesti vokaalikestused, pikk/lühike ja välteid iseloomustavad kestussuhted kahesilbilistes CV1(V1:)CV2 sõnades (lühendid K, M ja A tähistavad vastavalt kiiret, mõõdukat ja aeglast kõnetempot).

			Liiv 1961	Eek 1974	Krull 1997	Eek, Meister 1998	Eek, Meister 2003			Asu jt 2009	Keskmine	σ
							K	M	A			
Vokaalikestused Q1, Q2 ja Q3 sõnades	Q1	V1	120	104	74	83	73	93	129	65	93	23
		V2	159	141	110	96	108	150	227	93	135	45
	Q2	V1	202	203	125	162	136	172	254	145	175	43
		V2	126	100	93	85	91	122	180	85	110	32
	Q3	V1	240	243	176	217	181	238	371	155	228	67
		V2	92	62	80	76	62	82	114	78	81	17
Pikk/lühike kestussuhted	Q2/Q1		1,7	2,0	1,7	1,9	1,9	1,8	2,0	2,2	1,9	0,2
	Q3/Q1		2,0	2,3	2,4	2,6	2,5	2,6	2,9	2,4	2,5	0,3
V1/V2 kestussuhted	Q1		0,8	0,7	0,7	0,9	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,1
	Q2		1,6	2,0	1,4	1,9	1,5	1,4	1,4	1,7	1,6	0,2
	Q3		2,6	3,9	2,2	2,8	2,9	2,9	3,3	2,0	2,8	0,6

Taktisestest naaberhäälikute kestussuhete mõõtmised kahesilbilistes C1V1(V1)C2V2 sõnades ja vastavad tajukatsed näitasid, et Q1 vastandub Q2-le ja Q3-le suhte V1(V1)/C1 alusel: Q1 sõnades on V1/C1 < 1,4, Q2 ja Q3 puhul V1V1/C1 ≥ 1,4; Q2 ja Q3 eristuvad teineteisest suhte V2/C2 alusel: Q2 puhul on V2/C2 > 1,4; Q3 puhul aga V2/C2 ≤ 1,4 (Eek, Meister 2003). Traunmülleri ja Krulli (2003) väitel ei kinnita tajukatsete andmed rõhulise ja rõhuta silbi kestussuhtel põhinevat vältevastanduse käsitlust, nende esitatud hüpoteesi koha-

selt on kvantiteedierinevused määratud segmendikestustega, mida mõõdab lokaalse kõnetempoga kohanduv nn „sisemine kell”.

Kalvik ja Mihkla (2010) on võrrelnud kahes eelkirjeldatud vältekäsitluses kasutatud kestussuhete eristusvõimet loetud sidusas kõnes ja leidnud, et traditsiooniline silpide kestussuhtel baseeruv mudel töötab paremini kui naaberhäälikute kestussuhted – esimene mudel selgitab 75% mõõteandmetest, teine mudel ainult 58%.

Vene keeles ei ole kestusel fonoloogilist rolli ja seetõttu ei esine ka kestusel baseeruvat kõnesegmentide vastandust. Erinevalt eesti keelest, on kestus vene keeles sõnarõhu peamine tunnus – rõhulises silbis on vokaalide kestus suurem (1,5 kuni 2 korda) võrreldes vokaalidega rõhutuse silbis, kus lisaks vokaali lühemale kestusele kaasneb ka selle kvalitatiivne redutseerumine, eriti vokaali /a/ puhul (Bondarko 1998). Ka tajukatsed on näidanud, et eesti ja vene katsealuste rõhutaju mõjutavad erinevad tunnused – eestlaste puhul on peamiseks tunnuseks põhitooni sagedus, venelaste puhul aga kestus (Eek 1987). Seetõttu võivad vene emakeelega kuulajad tajuda rõhulisena silpi (näiteks eesti Q1 sõnade järgsilpi), milles esineb rõhutu, kuid foneetiliselt pikk vokaal; De Silva (1999) on kirjeldanud selliseid juhtumeid soome keele puhul.

Vene keelele on iseloomulik liikuv rõhk, see võib esineda esimesel, teisel, jne silbil, kusjuures sõltuvalt rõhu erinevast asukohast sõnas, moodustuvad leksikaalsed minimaalpaarid, näiteks /'zamok/ 'loss' vs. /za'mok/ 'lukk', /'muka/ 'kannatus' vs. /mu'ka/ 'jahu' jt.

Spontaanse ja loetud kõne ajalise struktuuri analüüs näitab, et kõnesegmentide keskmine kestus (kõigi vokaalide ja konsonantide üldkeskmine) on spontaanses kõnes suurem (73,6 ms) kui loetud kõnes (69,6 ms) (De Silva jt 2003), nii vokaalide kui konsonantide kestusvariatsioonid on spontaanses kõnes suuremad kui loetud kõnes (Bondarko jt 2003; Skrelin 2004). Rõhuliste vokaalide keskmine kestus spontaanses kõnes on 84 ms (standardhälve $\sigma = 38$ ms) ja loetud kõnes 96 ms ($\sigma = 40$ ms), rõhutute vokaalide kestused on vastavalt 59 ms ($\sigma = 35$ ms) ja 64 ms ($\sigma = 30$ ms); spontaanses kõnes on vokaali kestus fookusrõhulises silbis keskmiselt 24 ms pikem kui sõnarõhulises positsioonis, loetud kõnes on need kestuserinevused veelgi suuremad (Bolotova 2003). Bolotova (2005) esitab põhjaliku segmendikestuste analüüsi sõltuvalt erinevatest teguritest (sõnarõhk, fookusrõhk, silbi asend süntagmas, silpide ja häälikute arv süntagmas, foneetiline kontekst (naaberkonsonantide palataliseeritus, helilisus/helitus, moodustusviis)) spontaanses ja loetud kõnes. Sellest nähtub, et rõhulised vokaalid on keskmiselt 0,9 kuni 1,45 korda pikemad kui rõhutud vokaalid, samas võib vokaalikestus varieeruda küllaltki suurtes piirides – rõhutu vokaali täielikust kadumisest sõnalõpupositsioonis ja palataliseeritud konsonantide kontekstis või ületades fookusrõhulises positsioonis äärmuslikel juhtudel isegi 300 ms piiri (Bolotova 2005).

Rõhuliste ja rõhutute vokaalide (mittefonoloogilised) kestuserinevused võivad vene emakeelega kuulajate jaoks olla soodustavaks teguriks eesti keele lühike/pikk kategooriate eristamisel.

Eesti völdetele vastavaid fonoloogilisi kategooriaid vene keeles ei eksisteeri. Q1 vs. Q2 ja Q3 kuuldeline eristamine vöib osutada L2 keelejuhtidele siiski üsna lihtsaks (tänu rõhuliste ja rõhutute vokaalide kestuserinevusele nende emakeeles), küll aga vöib Q2 ja Q3 eristamine valmistada vene emakeelega katseisikutele raskusi.

3. MATERJAL JA METOODIKA

Käesolev töö on oma olemuselt kontrastiivne eksperimentaalfoneetiline uurimus, milles võrreldakse vene emakeelega keelejuhtide kõnenäidete akustilise analüüsi ja tajukatsete tulemusi eesti emakeelega keelejuhtide vastava andmesetikuga ning tõlgendatakse saadud tulemusi erinevate aktsenditeooriate raamistikus.

3.1. Keelejuhid

Uuringuteks on valitud 10 eesti emakeelega (5 meest ja 5 naist; edaspidi tähistatud kui L1) ja 10 vene emakeelega (5 meest ja 5 naist; tähistatud kui L2) keelejuhti (vt tabel 5). L1 keelejuhid on vanuses 21 kuni 54 aastat (keskmine vanus 31,4), pärinevad eestikeelsetest perekondadest, on valdavalt sündinud ja elavad püsivalt Tallinnas või selle lähiümbruses (kaks keelejuhti on sündinud ja elanud täiskasvanuks saamiseni Lõuna-Eestis), on kõrgharidusega või õpivad ülikoolis, esindavad korrektset eesti kirjakeele hääldust, neil ei esine kõne- ega kuulmishäireid.

L2 keelejuhid on vanuses 20 kuni 34 aastat (keskmine vanus 25,7), pärinevad venekeelsetest perekondadest Tallinnast ja Kirde-Eestist (üks keelejuht (Kj 9) on sündinud Venemaal ja asus Eestisse elama 16-aasta vanuselt). Kõik L2 keelejuhid on õppinud venekeelsetes koolides ja omandanud või omandamas (valdavalt tehnilist) kõrgharidust Eesti ülikoolide venekeelsetes õpperühmades (üks keelejuht (Kj 1) on lõpetanud ülikooli Peterburis). Eesti keele õpinguid alustasid nad valdavalt vanuses 6–13 aastat (Kj 9 16- ja Kj 1 20-aastaselt), võõrkeelena on nad kõik õppinud ka inglise keelt. Tööl, ülikoolis või suheldes eesti sõprade ja kolleegidega kasutavad nad valdavalt eesti keelt, erialases suhtluses ka inglise keelt. Koduseks keeleks on neil vene keel (v.a Kj 10, kes on abielus eestlasega ja kasutab kodus nii vene kui eesti keelt ja Kj 1, kelle kodune keel on valdavalt eesti keel). L2 keelejuhid hindasid oma eesti keele oskust viiepalli süsteemis järgmiselt: „väga hea” – 2, „hea” – 5 ja „keskmine” – 3 keelejuhti. Kõigil L2 keelejuhtidel esineb eesti keele häälduses vähemal või suuremal määral aktsent, ühelgi keelejuhil ei esine kõne- ega kuulmishäireid.

Kõik L1 ja L2 keelejuhid osalesid TTÜ Küberneetika Instituudis loodava aktsendikorpuse salvestustel ja doktoritöö raames korraldatud tajukatsetes.

3.2. Kõnekorpus

Uuringus kasutan TTÜ Küberneetika Instituudis kogutud aktsendikorpust (<http://www.phon.ioc.ee/dokuwiki/doku.php?id=projektid:ressursid:aktsent.et>). Akustiliseks analüüsiks olen valinud vokaalikeskset vältevastandust esindavad sõnad (poolpaksus kirjas) järgnevatest lausetest:

Sügisel pandi **vili** salvedesse.

Selle **viili** käepide oli murdunud.

Uut **viili** kasutage ettevaatlikult.

Ülo on **Tele** 2 klient juba aastaid.

Väike **Teele** mängis nukkudega.

Aeg on **teele** sättida.

Noore pruudi **süli** sai lilli täis.

Väino unustas **küüni** kinni panna.

Heinad jõuti **küüni** tassida enne vihma.

Otsi **lödi** seest terveid marju.

Hommikul **sööda** sigu kell kuus.

Seenid ei **sööda** toorelt.

Vana **käru** läks katki.

Järgmise **kääru** taga paistis maja.

Söön kolm **kääru** leiba päevas.

Kämping nimega **Rõmu** suletakse talveks.

Lapse **rõõmu** pärast olen valmis paljuks.

Tundsin rohkem **rõõmu** kui kurbust.

Õösel hävitas **tuli** kogu majapidamise.

Naise nimi **Tuuli** pole Soomes populaarne.

Kõvu **tuuli** trotsides läks paat merele.

Maie ei **koli** Saaremaale.

Meie **kooli** poisid said olümpiaadil esimese koha.

Lähem **kooli** kella üheksaks.

Kaotasin **sada** krooni raha.

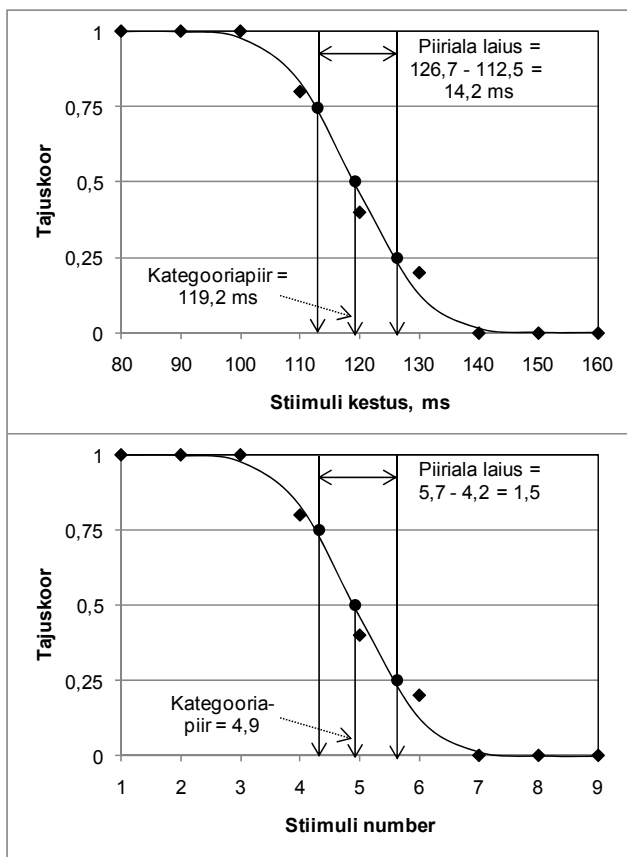
Palun **saada** talle artikli koopia.

Soovin **saada** kolme kuu aruannet.

3.3. Taju ja häälde uurimismeetodid

Fonoloogiliste kategooriate taju uurimiseks kasutatakse töös identifitseerimis- ehk samastamiskatseid (ptk 4, 5 ja 6), milles katsealusele esitatakse stiimulid ühekaupa juhuslikus järjekorras ja tema ülesandeks on otsustada, millisesse kahest etteantud kategooriast kuulnud stiimul kuulub. Katsete tulemusena saadakse L1 ja L2 keelejuhtide individuaalsed tajuskoorid iga stiimuli kohta, mille interpoleerimisel saadakse iga stiimulijada individuaalsed tajukõverad (mis tõenäoliselt pisut hälbibvad joonisel 1 esitatud ideaaljuhtumist). Interpoleerimisel rakendatakse logistilist (*probit*) funktsiooni. Tajukõverate alusel leitakse kaks parameetrit, mida kasutatakse L1 ja L2 keelejuhtide tulemuste võrdlemisel: (1) kategooria piir – arvutatakse kui tajuskoori väärtusele 0,5 vastava stiimuli

kestus või stiimuli järjekorra number ja (2) piiriala laius – arvutatakse kui tajuskooridele 0,75 ja 0,25 vastavate stiimulite vahe. Lühike/pikk ja vältevastandusi sisaldavate stiimulijadade korral esitatakse piiriala laius millisekundites (kui tajuskoorile 0,75 ja 0,25 vastavate stiimulite kestuste vahe) (vt joonis 4, ülemine), vokaalikategooriate testis (kus on tegemist kahe muutuva parameetriga F1 ja F2) on otstarbekam esitada piiriala laiust tajuskooridele 0,75 ja 0,25 vastavate stiimulite järjekorranumbrite vahena (vt joonis 4, alumine). Kategooria piiride ja piiriala laiuste väärtused L1 ja L2 gruppides on edasise statistilise analüüsi lähteandmeteks.



Joonis 4. Stiimulite tajuskoorid (◆) ja neid interpoleeriv tajukõver (*probit*-funktsioon), tajuskooridele 0,75, 0,5 ja 0,25 vastavad punktid (●). Ülemine: kategooriapääsi asukoht on esitatud kui tajuskoorile 0,5 vastava stiimuli kestus ja kategooriapääsi laius on arvutatud kui tajuskooridele 0,75 ja 0,25 vastavate stiimulite kestuste vahe; alumine: kategooriapääsi asukoht on esitatud kui tajuskoorile 0,5 vastava stiimuli number ja kategooriapääsi laius on määratud kui tajuskooridele 0,75 ja 0,25 vastavate stiimuli numbrite vahe.

Tegemist on kategooriaalse taju katsetega, mille abil leitakse erinevate fonoloogiliste kategooriate (vokaalid, lühike/pikk foneem, välted) piirid L1 ja L2 keelejuhtide puhul. Kui tajukatsetest leitud L2 keelejuhtide kategooriapiirid langevad kokku L1 keelejuhtide piiridega, siis võib järeldada, et L2 keelejuhid tajuvad eesti keele fonoloogilisi kategooriaid sarnaselt L1 keelejuhtidega; kui L2 ja L1 piirid on statistiliselt erinevad, siis hõlbivad L2 keelejuhtide taju-kategooriad eesti keelele omastest kategooriatest.

Vokaalipiiride katses kasutatakse neljaformandilisi sünteesstiimuleid (sünteesitud Klatt'i formantsünteesi mudelit (Klatt 1980) kasutava tarkvarapakettiga KlattWorks (McMurray, ilmumas)). Lühike/pikk ja vältekatsete stiimuliseeriate lähtematerjalina on kasutatud eesti emakeelega meeskeelejuhi isoleeritult hääldatud /a/-vokaali ja sõnade /saas/ ning /saada/ (Q2) salvestusi. Segmendi-kestuste ja põhitooni muutmiseks kasutati programmi Praat (Boersma, Weenink 2009). Stiimulite täpsem kirjeldus esitatakse vastavate tajukatsete juures.

Fonoloogiliste kategooriate realiseerumist häälduses on võimalik otseselt mõõta vaid artikulatsiooni uurimiseks mõeldud aparatuuri abil (näiteks elektromagnetiline artikulograaf, palatograaf jm). Kuna vastav aparatuur ei olnud töö tegemise ajal kättesaadav, siis on häälduse uurimiseks kasutatud artikulatsiooni-protsessi tulemusena tekkinud kõnesignaali akustilist analüüsi. Analüüsitavad sõnad (vt ptk 3.2) on eelnevalt segmenteeritud hääliku, silbi ja sõna tasandil Praatis.

Tajukatsete ja akustilise analüüsi tulemuste statistiliseks töötluks ning graafiliseks esituseks on kasutatud Microsoft Excelit ja R-keskkonda (<http://www.r-project.org/>).

4. VOKAALIKATEGOORiate TAJU JA HÄÄLDUS⁴

Akustilised uuringud on näidanud, et vene aktsendi sagedaseks tunnuseks on häälded eesti vokaalide hääldamisel. Et vene emakeelega kõneleja jaoks on uuteks fonoloogilisteks kategooriateks eesti vokaalid /ü, ö, ä/ ja osaliselt ka /õ/, siis esinesid suuremad kõrvalekalded just nende vokaalide akustilistes tunnustes; vokaalid /i, e, u, o, a/ on mõlemas keeles suhteliselt lähedase kvaliteediga ja nende puhul langes L2 kõnelejate hääldus üsna hästi kokku eesti keelejuhtide hääldusega (Meister 2005).

Kuna hääldus on otseselt mõjutatud omandatud häälikumallidest taju tasandil, siis viitavad hääldushälbed võimalusele, et L2 keelejuhtide eesti vokaalide tajumallid erinevad L1 keelejuhtide vokaalimallidest. Kinnitust sellele oletusele annavad uurimistulemused, mille kohaselt L2 taju areng on eelduseks L2 kategooriate korrektsele hääldamisele (Flege 1993; Listerri 1995). Samuti on leitud, et väljakujunenud L2 tajumallide puhul on L2 hääldamine täpsem ja seetõttu pakub L2 tajukategooriate testimine hea võimaluse hääldusraskuste prognoosimiseks (Barry 1989).

4.1. Vokaalikategooriate taju

4.1.1. Eesmärgid ja hüpoteesid

Eksperimendi eesmärgiks on selgitada, kuidas tajuvad L2 keelejuhid eesti vokaalikategooriaid võrreldes L1 kuulajatega. Eksperimendiga ei püüta välja selgitada vokaalistiimuleid, mida L1 ja L2 kuulajad tajuvad kui eesti vokaalide prototüüpe, vaid vokaalikategooriate piiridele vastavaid stiimuleid F1 vs. F2 ruumis. Eesti ja vene vokaalisüsteemide võrdlusest ning PAM-L2 ja SLM mudelitest lähtuvalt võib eeldada, et vokaalide /i, e, u, o, a/ piirid on L2 ja L1 rühmal lähedased, suuremad erinevused kategooriapiirides on ootuspärased /ü, ö, ä ja õ/ puhul. Tajukatse tulemusi võrdlen hiljem keelejuhtide kõnesalvestustest mõõdetud vokaalide formantsageduste väärtustega.

Kui eksperimenditulemused näitavad, et L2 keelejuhtide eesti vokaalikategooriate piirid on lähedased eesti emakeelega keelejuhtide vastavatele piiridele, siis võib oletada, et need vokaalikategooriad on L2 kõneleja tajuruumis kinnistunud ja nende häälduses ei tohiks esineda olulisi hääldusi võrreldes L1 kõnelejatega; kui L2 kategooriapiirid on hägusad ja paiknevad F1 vs. F2 ruumis erinevates kohtades võrreldes L1 kõnelejate piiridega, siis on need kategooriad alles kujunemisfaasis ja nende hääldus on tõenäoliselt erinev tüüpilisest L1 kõneleja hääldusest.

⁴ Selles peatükis käsitletavaid tulemusi on osaliselt publitseeritud artiklites Meister (2009) ja Meister, L., Meister, E. (2010, 2011b).

Tajukatseks püstitatud hüpoteesid on järgmised.

1. Foneetiline kaugus eesti ja neile vastenduvate vene vokaalide /i/, /e/, /u/ ja /o/ vahel on väike ning seetõttu assimileeruvad eesti vokaalid vastavate vene vokaalidega:

eesti		vene
/i/	→	/i/
/e/	→	/e/
/u/	→	/u/
/o/	→	/o/

L1 ja L2 keelejuhtide tajutulemused on oodatavalt lähedased.

2. /a/ on vene vokaaliruumis ainus madal vokaal, vastav piirkond eesti vokaaliruumis on jagatud vokaalide /a/ [ɑ] ja /ä/ [æ] vahel, seega on tegemist binaarse kontrastiga:

eesti		vene
/a/	↘	/a/
/ä/	↗	

Kahe kategooria vastandumine L2 häälikusüsteemis ühele kategooriale emakeeles tekitab suuri probleeme L2 kategooriate eristamisel (vt PAM-L2 hüpotees H3). Eesti-vene keelepaari korral on olukord tõenäoliselt erinev – et vene vokaal /a/ realiseerub kontekstist sõltuvalt [æ] allofoonina, näiteks *сядь* [s'æt'] ('istu') või [ɑ] allofoonina, näiteks *найка* [pɑtkɑ] ('kepp') (vt ka tabel 3), siis ei ole vastavate eesti vokaalide kvaliteedi kontrast vene emakeelega kuulajale võõras ja kategooriate eristamine kujuneb lihtsaks. Seda prognoosib ka SLM teooria hüpotees H1, mille kohaselt L1 ja L2 häälikud suhtestuvad teineteisega allofooniliselt, mitte abstraktsete foneemide tasemel (Flege 1995). Foneetiline kaugus vene allofoonide ja vastavate eesti vokaalide kategooriate vahel on väike ning seetõttu võib oodata eesti vokaalide üksühest assimileerumist vastavate vene vokaalivariantidega:

eesti		vene
/a/	→	[ɑ]
/ä/	→	[æ]

L1 ja L2 keelejuhtide oodatavad tajuerinevused ei ole suured, kuid võivad olla siiski statistiliselt olulised, sest eesti /ä/ ja vastava vene allofooni tajumustrid võivad L1 ja L2 tajuruumis olla erinevad.

3. Eesti vokaalide /ü/ [y], /ö/ [ø] ja /õ/ [ɤ] lähimaks vasteks on vene vokaal /ɨ/ (vt joonis 2 ja tabel 3), seega on tegemist mitme kategooria assimilatsiooniga:

eesti		vene
/ü/	↘	
/ö/	→	/i/
/õ/	↗	

Foneetiline kaugus vastenduvate vokaalide vahel on suhteliselt väike, mistõttu on nende kuuldeline eristamine raskendatud ja tingimused uute kategooriate tekkimiseks L2 tajuruumis ebasoodsad. Tulemusena võib prognoosida olulisi erinevusi L1 ja L2 keelejuhtide tajus.

4.1.2. Stiimulid ja katse korraldus

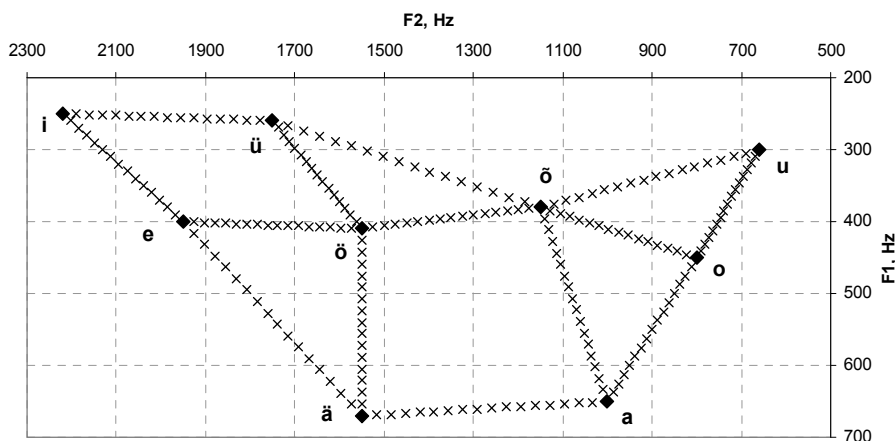
Vokaalikategooriate tajupiiride leidmiseks on vajalik stiimulikorpus, mis sisaldab eesti vokaaliprototüüpidele vastava kvaliteediga stiimuleid ja nendevahelisi vokaalivariante, mille kvaliteeti muudetakse mingi kindla sammu võrra. Eesti keele puhul jaotub vokaaliruum üheksaks piirkonnaks, mille keskmes paiknevad formantsagedustega F1–F4 määratletavad vokaaliprototüübid. Nende sünteesiks kasutati kuue meeskeelejuhi isoleeritult hääldatud eesti vokaalide formantsageduste mõõteandmeid (Liiv, Remmel 1970), sest vokaaliprototüüpi esindavad paremini just hüperartikuleeritud vokaalid (Eek, Meister 1994). Katsetati ka teistel andmestikel sünteesitud vokaale, kuid need osutusid kavandatava eksperimendi tarvis ebasobivateks – Eek, Meister (1994) andmed on saadud ühe meeskõneleja isoleeritud vokaalide mõõtmisel, kus eesvokaalide [i] ja [y] kaugus akustilises ruumis on pigem ebatüüpiline; muud mõõteandmed pärinevad loetud sidusast kõnest (Eek, Meister 1998) või dialoogkõnest (Pajupuu 2000), mille hääldus (st ka vokaalide kvaliteet) erineb oluliselt isoleeritud hääldusest.

Vokaaliprototüüpide sünteesiks kasutati tarkvarapaketti KlattWorks. Sünteesi käigus ümardati mõningaid formantsageduste väärtusi ja lõplikud neljaformandilised vokaaliprototüübid sünteesiti tabelis 6 esitatud formantsagedustega.

Järgnevalt sünteesiti vokaaliprototüüpide vahelised stiimulijadad, muutes sammhaaval formantsageduste F1–F4 väärtusi ($\Delta F1 = 1\text{--}16\text{ Hz}$, $\Delta F2 = 0\text{--}30\text{ Hz}$, $\Delta F3 = 0\text{--}50\text{ Hz}$, $\Delta F4 = 0\text{--}15\text{ Hz}$ sõltuvalt vokaalipaarist). Sünteesitud stiimulikorpus moodustas vokaaliprototüüpide vahelises ruumis diskreetse rastri (vt joonis 5): 14–16 stiimulit iga vokaalipaari vahel, kokku 14 vokaalipaari, koos prototüüpvokaalidega kokku 243 stiimulit. Iga stiimuli kestuseks on 160 ms ja põhitooni sageduseks 120 Hz.

Tabel 6. Sünteesitud eesti vokaaliprototüüpide formantsagedused hertsides.

	/i/	/e/	/ä/	/ü/	/õ/	/ö/	/u/	/o/	/a/
F1	250	400	670	260	410	380	300	450	650
F2	2220	1950	1550	1750	1550	1150	660	800	1000
F3	3000	2580	2400	2200	2400	2160	2250	2460	2250
F4	3430	3350	3400	3220	3220	3220	3220	3300	3220

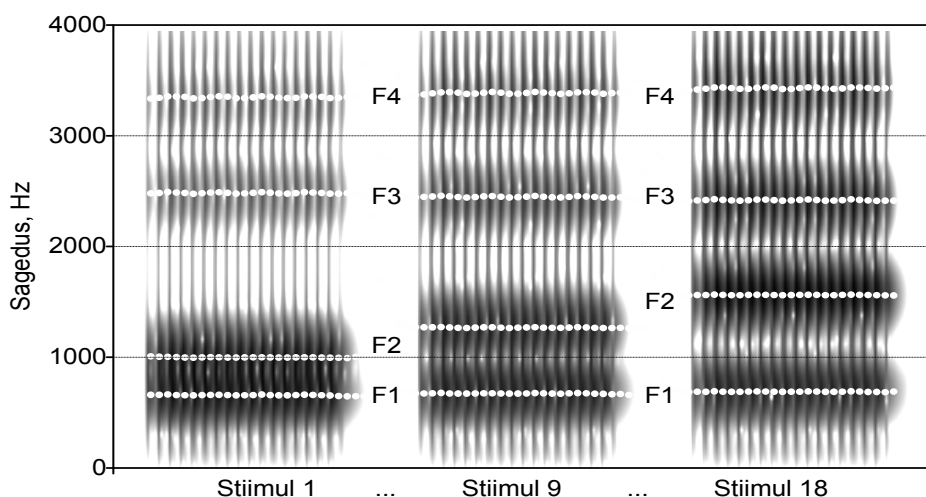


Joonis 5. Eesti vokaaliprototüübid (♦) ja nende vahelised stiimulid (×) akustilises ruumis.

Joonisel 6 on esitatud näitena stiimulijada ä-a kolme stiimuli spektrogrammid ja formantsagedused F1–F4. Sellel on jälgitav F2 muutus liikudes /a/-prototüübist (stiimul 1) /ä/-prototüübi (stiimul 18) suunas, stiimul 9 on ebamäärase kvaliteediga stiimul (tõenäoliselt asub piirialas), sest selle F2 väärtus on /a/ ja /ä/ prototüüpide F2 väärtuste vahepealne.

Tajukatseks kasutasin Praati eksperimendikeskkonda. Katse sisaldas 14 järjestikust katseseeriat (14 vokaalipaari, iga vokaalipaar eraldi seeriana). Iga stiimul kordus seerias juhuslikus järjekorras kolm korda, seega esitati kuulajale hindamiseks kokku 729 stiimulit. Katseisik pidi vastama küsimusele “Kas kuuldud häälik on V1 või V2?”, klikkides hiirega vastavalt tähistatud ruutu arvutiekraanil, kus V1 ja V2 olid vastava stiimulijada prototüüpvokaalid.

Katse toimus iga keelejuhiga individuaalselt. Katseseeriade vahel võis katseisik vajadusel pidada puhkepausi, katse kestuseks kujunes keskmiselt 25–30 minutit. Katse viidi läbi müravabas ruumis, stiimulid esitati kuulajale arvutist läbi kõrgekvaliteediliste kõrvaklappide. Katseisikutena osalesid kõik L1 ja L2 rühma keelejuhid.



Joonis 6. Jada a-ä neljaformandiliste stiimulite 1 (/a/ prototüüp), 9 (kategoria piirialas paiknev stiimul) ja 18 (/ä/ prototüüp) spektrogrammid ja formantsagedused F1–F4 (valged punktijadad).

4.1.3. Tulemused

Kõik katses osalenud keelejuhid näitasid järjekindlalt kategooriaalse tajuri efekti kõigis katseseeriates, st tajusid adekvaatselt vokaalipaaride äärmisi, vokaali-prototüüpidele vastavaid stiimuleid ja vokaalikategooria muutus leidis aset mingi(te) jada keskosas asuva(te) stiimuli(te) korral. Esines ka üksikuid, selgelt hälbivaid juhuslikke vastuseid, näiteks, kui vokaaliprototüübile V1 lähedase stiimuli korral tajuti vokaali V2; need korrigeeriti käsitsi enne järgnevat andmete töötlust. Katse tulemusena saadi kõigi katsealuste individuaalsed tajuskoorid kõigis katseseeriates. Tajuskooride interpoleerimisel leiti katsealuste individuaalsed tajukõverad ja neist arvutati individuaalsed kategooriapiiride asukohad ning laiused kõigis vokaalipaarides (vt metoodika kirjeldust ptk 3.3). Individuaalsete tulemuste alusel arvutati L1 ja L2 rühma kategooriapiiride kesk- ja mediaanväärtused. Tulemused on esitatud tabelis 7 (piiride asukohad) ja tabelis 8 (piiride laiused) ning karpdiagrammidena⁵ vastavalt joonistel 7 ja 8.

Kesk- ja mediaanväärtuste võrdlus (vt tabel 7 ja 8) näitab, et enamikes vokaalipaarides nii L1 kui ka L2 rühmas ei ole mediaan võrdne vastava kesk- väärtusega, ka keelejuhtide individuaalsete kategooriapiiride graafilisest esitusest (joonis 7 ja 8) võib näha, et karbid ei ole enamikel juhtudel sümmeetrilised

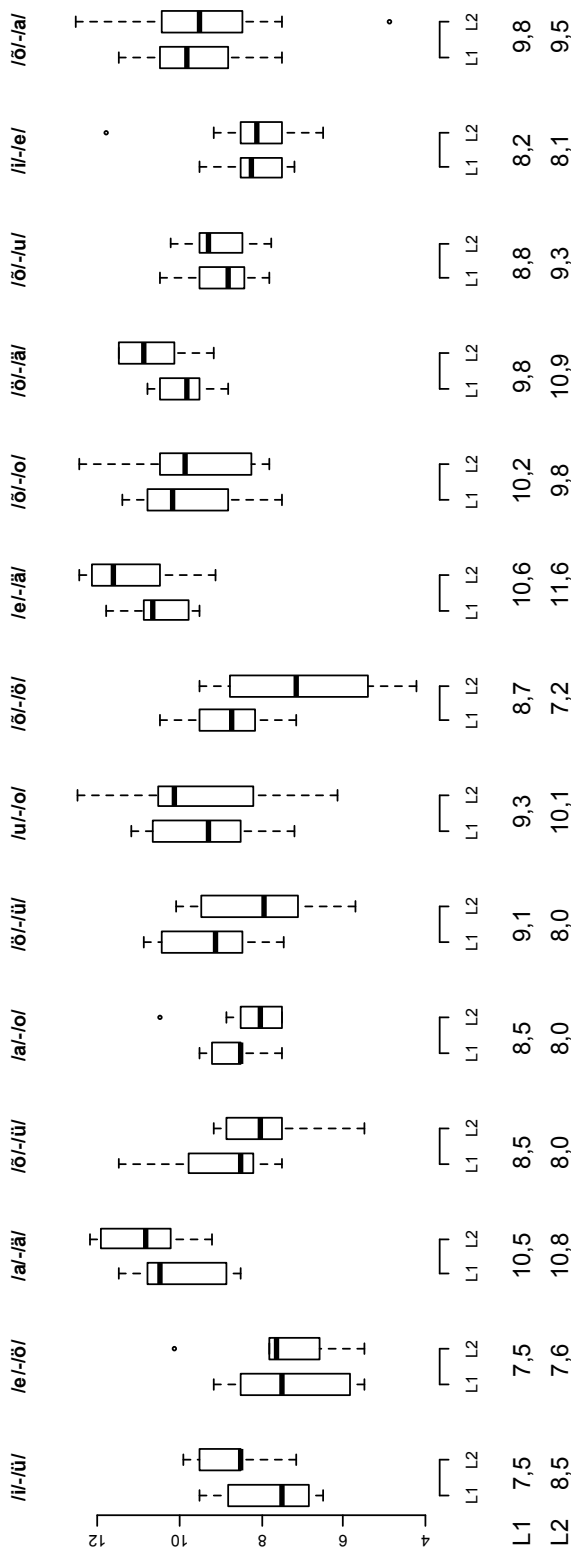
⁵ Karpdiagrammidel tähistab karbi sees paiknev joon tulemuste mediaanväärtust (mitte aritmeetilist keskmist), karbi servad vastavalt alumist (25%) ja ülemist kvantiili (75%) ning vurrud minimaalset ja maksimaalset usutatavat väärtust; üksikud ringid näitavad ekstreemseid väärtusi.

Tabel 7. L1 ja L2 keelejuhtide individuaalsete kategooriapiiride asukohad 14 vokaalipaaris (kategooriapiiri asukoht on esitatud stiimuli järgjekorra numbrina) ja L1 ning L2 rühma kategooriapiiride kesk- ja mediaanväärtused.

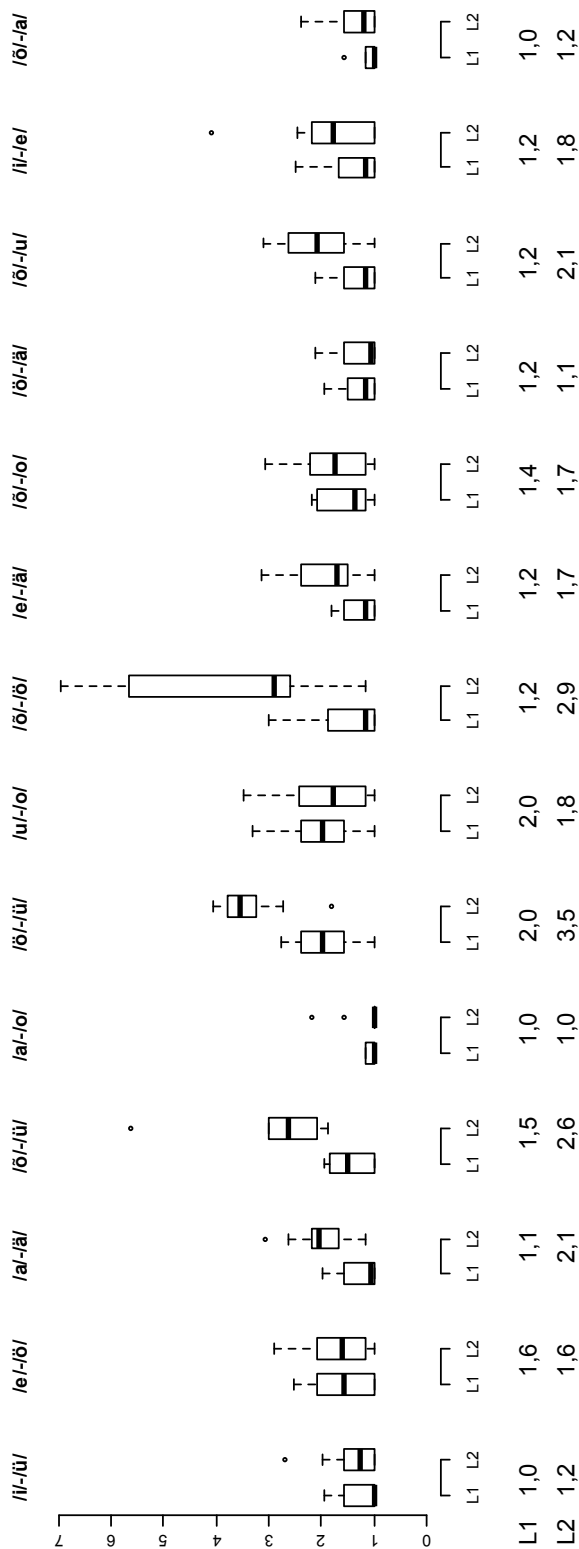
Rühm	Keelejuht	Kategooriapiiride asukohad vokaalipaarides													
		iü	eö	aä	õü	ao	öö	uü	õö	eä	õo	öö	ou	ie	õa
L1	Kj 1	9,5	8,9	10,8	11,5	8,8	8,5	8,5	9,5	10,5	10,8	9,4	9,5	8,5	11,5
	Kj 2	8,8	9,1	10,5	11,1	8,5	8,8	9,1	9,5	9,5	9,8	9,5	9,5	8,5	10,5
	Kj 3	9,5	8,5	8,5	8,2	7,5	10,5	9,5	8,3	9,5	8,8	10,5	10,5	9,2	10,5
	Kj 4	7,5	7,5	11,1	8,5	7,5	7,5	10,7	9,2	11,8	7,5	10,5	8,4	7,3	8,8
	Kj 5	8,2	7,5	9,1	8,5	9,5	8,4	11,2	8,1	10,7	11,2	9,5	8,9	8,2	10,1
	Kj 6	7,5	5,9	10,5	8,1	9,2	9,5	7,2	7,5	10,8	7,8	9,9	8,5	8,3	7,5
	Kj 7	6,5	5,5	11,5	7,5	8,5	9,5	9,5	7,2	9,8	9,9	9,8	8,2	9,5	9,5
	Kj 8	6,9	8,1	8,5	9,8	8,5	10,5	8,2	8,1	10,9	10,5	10,8	7,8	8,2	8,2
	Kj 9	6,9	6,5	8,9	8,5	9,2	10,9	8,5	9,2	10,5	10,5	8,8	8,9	7,2	10,8
	Kj 10	6,5	5,5	10,5	9,5	8,5	8,1	10,8	10,5	11,2	11,4	10,8	8,8	7,5	9,5
L2	Kj 1	8,5	7,8	11,3	6,5	7,5	8,1	11,1	6,8	11,8	9,5	10,1	9,5	7,5	9,5
	Kj 2	7,1	6,6	12,2	8,6	8,5	9,8	6,1	8,0	11,2	10,2	11,5	9,5	8,5	7,5
	Kj 3	9,5	7,8	10,2	9,2	10,5	7,8	12,5	8,8	10,5	10,5	10,9	9,1	8,1	9,5
	Kj 4	8,5	10,1	10,8	7,5	7,5	7,1	7,9	5,4	12,5	8,9	9,1	8,2	6,5	8,5
	Kj 5	8,5	5,5	9,2	7,9	8,5	9,5	10,2	4,9	9,1	7,8	11,5	7,8	7,5	10,4
	Kj 6	9,9	7,7	10,2	8,9	7,5	5,7	9,1	9,5	11,9	8,2	9,8	8,5	9,1	9,5
	Kj 7	9,6	7,8	12,1	9,1	8,5	5,8	8,2	9,5	11,5	10,5	10,5	9,9	11,8	4,9
	Kj 8	8,3	7,5	9,8	5,5	7,5	7,8	10,5	6,5	12,4	8,2	10,8	9,4	8,2	9,5
	Kj 9	8,9	5,5	10,8	8,1	7,6	10,1	10,5	4,2	12,1	10,9	11,5	10,2	8,5	12,5
	Kj 10	8,5	7,4	11,9	7,8	8,9	8,8	10,1	7,5	10,1	12,4	11,5	9,1	7,9	12,5
L1 keskmine		7,8	7,3	10,0	9,1	8,6	9,2	9,3	8,7	10,5	9,8	9,9	8,9	8,2	9,7
L2 keskmine		8,7	7,4	10,9	7,9	8,2	8,0	9,6	7,1	11,3	9,7	10,7	9,1	8,4	9,4
L1 mediaan		7,5	7,5	10,5	8,5	8,5	9,1	9,3	8,7	10,6	10,2	9,8	8,8	8,2	9,8
L2 mediaan		8,5	7,6	10,8	8,0	8,0	8,0	10,1	7,2	11,6	9,8	10,9	9,3	8,1	9,5

Tabel 8. L1 ja L2 keelejuhtide individuaalsete kategooriapiiride laiused 14 vokaalipaaris (kategooriapiiri laius on esitatud stiimulite arvuna) ja L1 ning L2 rühma kategooriapiiride laiuste kesk- ja mediaanväärtused.

		Kategoriiapiiride laiused vokaalipaarides													
Rühm	Keelejuht	iü	eö	ää	õü	ao	öö	uo	õö	eä	õo	õä	õu	ie	õa
L1	Kj 1	1,0	1,6	1,2	1,0	1,2	1,0	1,8	1,0	1,0	1,2	1,5	1,0	1,0	1,0
	Kj 2	1,2	1,6	1,8	1,6	1,0	2,2	1,6	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
	Kj 3	1,0	1,0	1,0	1,9	1,0	1,8	2,4	1,7	1,0	2,2	1,0	1,0	1,9	1,0
	Kj 4	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,8	3,3	1,2	1,2	1,0	1,0	1,5	1,7	1,2
	Kj 5	1,9	2,5	1,6	1,0	1,0	2,8	1,9	3,0	1,7	1,2	1,0	2,1	1,2	1,6
	Kj 6	1,0	1,6	1,0	1,6	1,2	2,4	2,2	1,0	1,2	1,2	1,6	1,0	2,5	1,0
	Kj 7	1,0	1,0	1,0	1,8	1,0	2,4	1,0	1,9	1,2	1,6	1,2	1,9	1,0	1,0
	Kj 8	1,6	2,4	1,0	1,9	1,0	1,0	2,4	2,6	1,6	1,8	1,9	1,2	1,2	1,2
	Kj 9	1,6	2,1	1,6	1,0	1,2	1,6	2,1	1,2	1,8	2,1	1,2	1,6	1,2	1,2
	Kj 10	1,0	1,0	1,0	1,4	1,0	2,6	1,2	1,0	1,2	2,2	1,2	1,2	1,0	1,0
L2	Kj 1	1,0	1,2	1,7	2,6	1,0	3,8	2,4	1,2	1,2	1,4	2,1	1,8	1,0	1,0
	Kj 2	1,6	1,5	2,2	5,6	1,0	2,7	1,6	5,6	1,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
	Kj 3	1,0	2,9	1,2	1,9	1,0	3,5	1,0	2,9	1,0	1,0	2,0	1,6	4,1	1,0
	Kj 4	1,0	1,6	1,9	3,0	1,0	3,6	2,0	2,6	2,3	2,2	1,6	1,2	1,0	2,4
	Kj 5	1,0	2,1	1,9	2,4	1,0	1,8	1,2	6,9	2,4	3,1	1,0	3,0	1,0	1,5
	Kj 6	2,0	1,7	2,2	2,6	1,0	4,1	1,6	6,2	1,6	2,2	1,2	2,4	1,6	1,0
	Kj 7	1,5	1,9	1,6	2,0	1,0	3,8	2,9	2,8	2,4	1,0	1,0	2,0	2,2	1,6
	Kj 8	2,7	1,0	2,2	2,1	1,0	3,2	1,0	2,9	1,5	2,4	1,2	3,1	2,4	1,4
	Kj 9	1,6	1,0	2,6	2,6	2,2	3,5	3,5	3,2	1,6	2,0	1,0	2,2	2,1	1,8
	Kj 10	1,0	2,3	3,1	3,0	1,6	3,8	2,0	2,5	3,1	1,5	1,0	2,6	2,0	1,0
L1 keskmine	1,2	1,6	1,3	1,4	1,0	1,9	2,0	2,0	1,5	1,3	1,5	1,2	1,3	1,3	1,1
L2 keskmine	1,4	1,7	2,0	2,8	1,2	3,4	1,9	1,9	3,7	1,9	1,8	1,3	2,1	1,8	1,4
L1 mediaan	1,0	1,6	1,1	1,5	1,0	2,0	2,0	2,0	1,2	1,2	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0
L2 mediaan	1,2	1,6	2,1	2,6	1,0	3,5	1,8	1,8	2,9	1,7	1,7	1,1	2,1	1,8	1,2



Joonis 7. L1 ja L2 keelejuhtide kategooriapiiride asukoha jaotused 14 stiimulijadas.



Joonis 8. L1 ja L2 keelejuhtide kategooriapiiride laiuse jaotused ja mediaanväärtused 14 stiimulijadas.

mediaanväärtuse suhtes. See tähendab, et piiri asukohtade ja laiuste jaotused ei vasta sageli normaaljaotusele – sellisel juhul kirjeldab mediaanväärtus rühma kui tervikut paremini kui keskvärtus. Seetõttu on järgnevalt L1 ja L2 rühma katsetulemuste statistilisel analüüsil kasutatud mediaanväärtuste võrdlemisel mitteparameetrilist Mann-Withney testi. L1 ja L2 rühma kategooriapiiride mediaanväärtused ja nende erinevust kirjeldavad statistilised näitajad on toodud tabelis 9; L1 ja L2 tajuskooride mediaanväärtused ning vastavad tajukõverad kõigis vokaalipaarides on esitatud graafiliselt joonisel 9.

Tabel 9. L1 ja L2 rühma kategooriapiiride mediaanväärtused ja nende erinevust kirjeldavad statistilised näitajad (statistilise olulisusnivoo tähised: *** = $p < 0,001$, ** = $p < 0,01$, * = $p < 0,05$, · = $p < 0,1$).

	Vokaalipaar	L1 mediaan	L2 mediaan	V-statistik	p	
Kategooriapiiri asukoht	/i/-/ü/	7,5	8,5	8	0,05	*
	/i/-/e/	8,2	8,1	27	1,0	
	/e/-/ö/	7,5	7,6	25	0,8	
	/ö/-/ä/	9,8	10,9	9	0,06	·
	/õ/-/u/	8,8	9,3	20	0,5	
	/u/-/o/	9,3	10,1	20	0,5	
	/õ/-/o/	10,2	9,8	27	1,0	
	/a/-/o/	8,5	8,0	15	0,4	
	/a/-/ä/	10,5	10,8	10	0,08	·
	/õ/-/a/	9,8	9,5	26	0,7	
	/e/-/ä/	10,6	11,6	10	0,2	
	/ö/-/ü/	9,1	8,0	46	0,06	·
	/õ/-/ü/	8,5	8,0	44	0,1	
	/õ/-/ö/	8,7	7,2	47	0,05	*
Kategooriapiiri laius	/i/-/ü/	0,98	1,24	25	0,8	
	/i/-/e/	1,15	1,77	19	0,4	
	/e/-/ö/	1,57	1,61	24	0,8	
	/ö/-/ä/	1,15	1,07	26	0,9	
	/õ/-/u/	1,15	2,07	6	0,03	*
	/u/-/o/	1,97	1,77	32	0,7	
	/õ/-/o/	1,36	1,74	19	0,4	
	/a/-/o/	0,98	0,98	7	0,5	
	/a/-/ä/	1,07	2,05	2	0,006	**
	/õ/-/a/	0,98	1,19	11	0,2	
	/e/-/ä/	1,15	1,71	3	0,02	*
	/ö/-/ü/	1,98	3,52	0	0,002	**
	/õ/-/ü/	1,48	2,61	0	0,002	**
	/õ/-/ö/	1,15	2,91	2	0,006	**

Järgnevalt käsitlen katsetulemusi vokaalipaaride kaupa.

L2 rühma /i/-e/ kategooriapiiri asukoht on väga lähedane L1 rühma piiri asukohale (L2 = 8,1; L1 = 8,2), nende erinevus ei ole statistiliselt oluline (V = 27; p = 1). Ka kategooriapiiride laius kahes rühmas (L2 = 1,77; L1 = 1,15), ei ole statistiliselt oluline (V = 19; p = 0,4).

/i/-ü/ kategooriapiiri asukoht kahes rühmas on erinev (L2 = 8,5; L1 = 7,5) – L2 rühma piir on võrreldes L1 rühma piiriga ü-poolsem ja see erinevus on statistiliselt oluline (V = 8; p < 0,05). Samas ei ole kahe rühma kategooriapiiri laiuste erinevused (L2 = 1,24; L1 = 0,98) statistiliselt olulised (V = 25; p = 0,8).

Vokaalide /e/ ja /ö/ kategooriapiir on kahes rühmas praktiliselt sama – piiri asukoha (L2 = 7,6; L1 = 7,5; V = 25; p = 0,8) ja laiuse (L2 = 1,61; L1 = 1,57; V = 24; p = 0,8) erinevused on minimaalsed ja statistiliselt ebaolulised.

Kategooriapiir /e/-ä/ vokaalipaaris on L2 rühma puhul ä-poolsem (L2 = 11,6; L1 = 10,6), kuid L1 ja L2 rühma piiri asukoha erinevus pole statistiliselt oluline (V = 10; p = 0,2). Piiri laiuse erinevus kahes rühmas osutus statistiliselt oluliseks (L2 = 1,71; L1 = 1,15; V = 3; p < 0,05).

/u/-o/ kategooriapiiri asukoht on L2 rühma puhul o-poolsem võrreldes L1 piiriga (L2 = 10,1; L1 = 9,3), kuid see erinevus pole statistiliselt oluline (V = 20; p = 0,5); samuti pole statistiliselt olulised kahe rühma kategooriapiiri laiuste erinevused (L2 = 1,97; L1 = 1,77; V = 32; p = 0,7).

Vokaalide /u/ ja /o/ kategooriapiirid eespoolsema naabervokaaliga /õ/ on mõlemas rühmas lähedased: piiri asukoha (L2 /õ/-u/ = 9,3; L1 /õ/-u/ = 8,8; V = 20; p = 0,5 ja L2 /õ/-o/ = 9,8; L1 /õ/-o/ = 10,2; V = 27; p = 1) ning /õ/-o/ kategooriapiiri laiuse (L2 = 1,74; L1 = 1,36; V = 19; p = 0,5) erinevused ei ole statistiliselt olulised, küll aga on statistiliselt oluline (V = 6; p < 0,05) kategooriapiiri laiuste (L2 = 2,07; L1 = 1,15) erinevus /õ/-u/ vokaalipaaris.

L1 ja L2 rühma kategooriapiirid vokaalide /a/ ja /o/ vahel asuvad lähestikku (L2 = 8,0; L1 = 8,5) ja nende erinevus pole statistiliselt oluline (V = 15; p = 0,4), piiri laius on mõlemas rühmas sama (L2 = L1 = 0,98; V = 7; p = 0,5).

/a/-ä/ kategooriapiiri asukohad L2 ja L1 rühmas on lähedased – L2 = 10,8 ja L1 = 10,5, kuid see erinevus on siiski nõrgalt oluline (V = 10; p < 0,1); piiri laiuse erinevused (L2 = 2,05 ja L1 = 1,07) on aga tugevalt olulised (V = 2; p < 0,01).

L1 ja L2 rühma tulemuste erinevused /õ/-a/ piiril ei ole statistiliselt olulised (piiri asukoht (L2 = 9,5; L1 = 9,8; V = 26; p = 0,7), piiri laius (L2 = 1,19; L1 = 0,98; V = 11; p = 0,2)).

/õ/-ä/ piiril osutus nõrgalt oluliseks kategooriapiiri asukoht (L2 = 10,9; L1 = 9,8; V = 9; p < 0,1); piiri laius on mõlemas rühmas peaaegu võrdne (L2 = 1,07; L1 = 1,15; V = 26; p = 0,9).

Vokaalipaarides /õ/-ü/, /õ/-ü/ ja /õ/-ö/ osutusid statistiliselt oluliselt erinevaks L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride laiused:

/õ/-ü/ puhul L1 = 1,98, L2 = 3,52 (V = 0, p = 0,002);

/õ/-ü/ puhul L1 = 1,48, L2 = 2,61 (V = 0, p = 0,002);

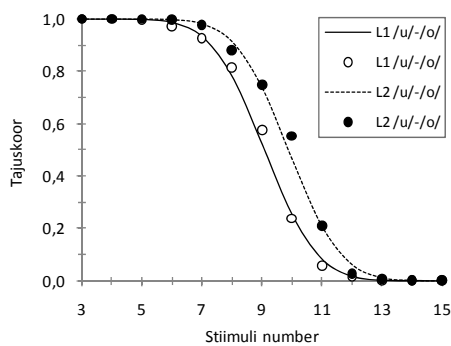
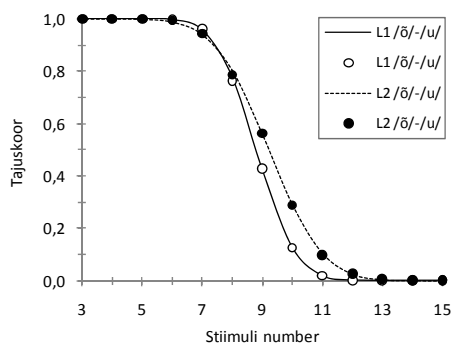
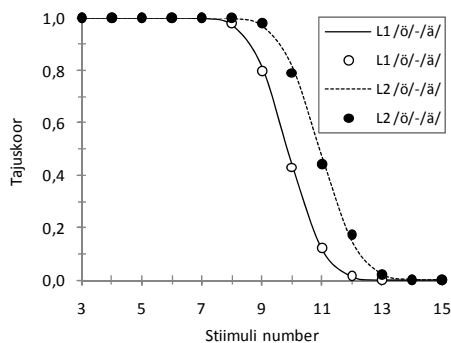
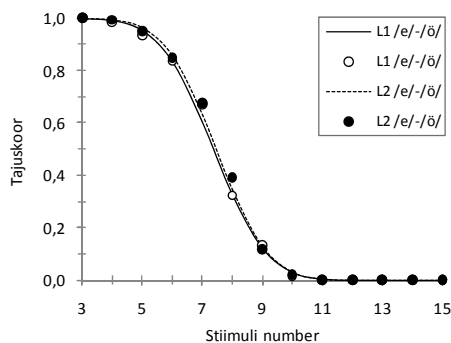
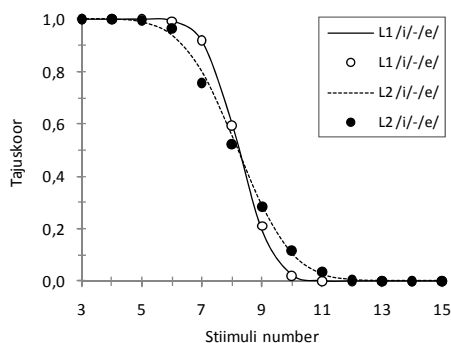
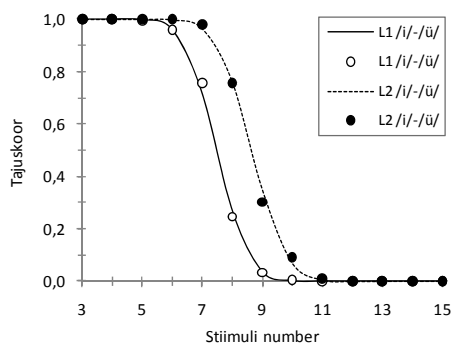
/õ/-ö/ puhul L1 = 1,15, L2 = 2,91 (V = 2, p = 0,006).

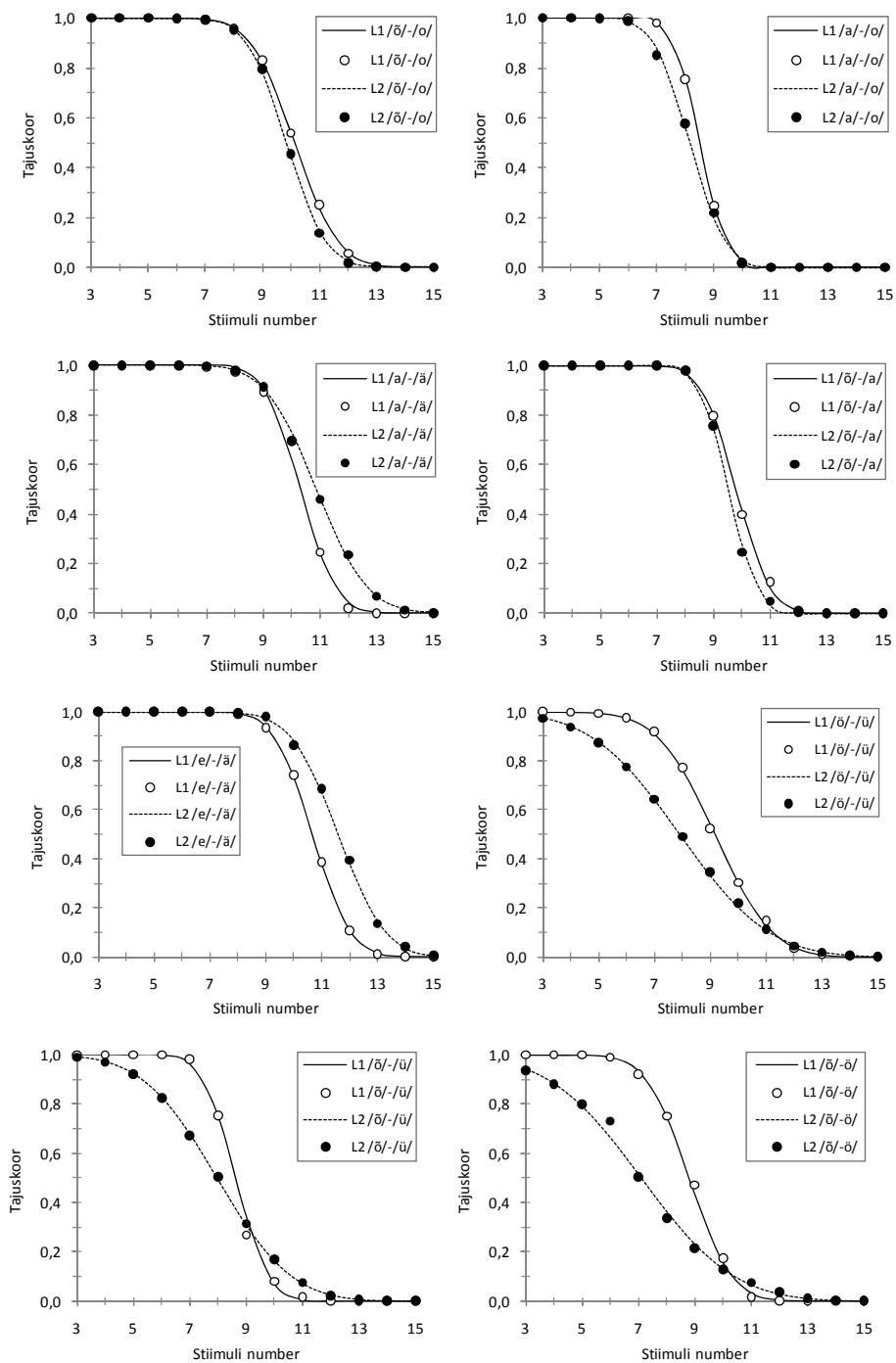
Ka L1 ja L2 kategooriapiiride asukohad on kõigis vokaalipaarides erinevad, kuid see erinevus pole alati statistiliselt oluline:

/ö/-/ü/ puhul L1 = 9,1, L2 = 8,0 (V = 46, p = 0,06);

/õ/-/ü/ puhul L1 = 8,5, L2 = 8,0 (V = 44, p = 0,1);

/õ/-/ö/ puhul L1 = 8,7, L2 = 7,2 (V = 47, p < 0,05).





Joonis 9. L1 ja L2 rühmade tajuskooride mediaanväärtused (L1 ●, L2 ○) ja vastavad tajukõverad (L1 —, L2 ---) kõigis vokaalipaarides.

4.1.4. Tulemuste arutelu

Katsetulemuste põhjal võib väita, et kõik püstitatud hüpoteesid leidsid üldjoontes kinnitust.

Hüpotees 1: eesti vokaalid /i/, /e/, /u/ ja /o/ assimileeruvad vastavate vene vokaalidega ning L1 ja L2 rühmade oodatavad tajutulemused on lähedased;

Tulemus: L1 ja L2 rühmade tajuerinevused vokaalide /i/, /e/, /u/ ja /o/ kategooriapiirides osutusid väikesteks ja valdavalt ebaolulisteks. Statistiliselt olulised on kahe rühma erinevused ainult /i/-/ü/ kategooriapiiri asukohas ning /õ/-/u/ ja /e/-/ä/ kategooriapiiride laiuses, s.o vokaalipaarides, kus osalevad L2 kuulaja jaoks uued vokaalikategooriad, vastavalt /ü/, /õ/ ja /ä/.

Hüpotees 2: eesti vokaalid /a/ ja /ä/ assimileeruvad vene /a/-vokaali allofoonidega [ɑ] ja [æ] ning seetõttu ei ole nende eristamine L2 kuulajatele raske; L1 ja L2 rühma oodatavad tajuerinevused ei ole suured.

Tulemus: Erinevus L1 ja L2 rühmade tajutulemustes /a/-/ä/ kategooriapiiri asukohas on väike (nõrgalt oluline $p < 0,1$), kuid piiri laiuse erinevus on märkimisväärne ja statistiliselt oluline ($p < 0,01$).

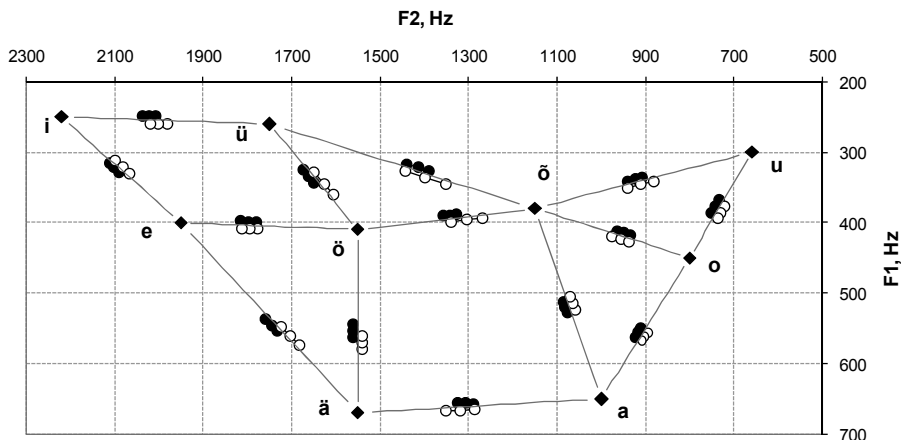
L1 ja L2 tulemused erinesid ka teiste vokaalipaaride puhul, milles üheks vokaaliks on /ä/: /e/-/ä/ piiril osutus oluliseks piiriala laiuste erinevus, /õ/-/ä/ piiril aga kategooriapiiri asukoht (nõrgalt oluline). Tõenäoliselt on selle põhjuseks eesti /ä/ ja vastava vene allofooni [æ] tajumustrite erinevus L1 ja L2 tajuruumis, mistõttu on L2 rühma kategooriapiir hägusam kui L1 rühma puhul.

Hüpotees 3: eesti vokaalide /ü/, /õ/ ja /ö/ lähimaks vasteks on vene vokaal /i/, mistõttu on L2 kuulaja jaoks tegemist mitme kategooria assimilatsiooniga. Foneetilise läheduse tõttu on tingimused uute kategooriate tekkimiseks L2 tajuruumis ebasoodsad ja nende eristamine L2 kuulajate jaoks raske; ootuspäraselt on L1 ja L2 rühmade tajutulemused oluliselt erinevad.

Tulemus: Vokaalikategooriate eristamine vokaalipaarides /õ/-/ü/, /õ/-/ü/ ja /õ/-/ö/ eeldab, et L2 kuulajate tajuruumis on ühele L1 kategooriale /i/ vastav piirkond jagatud kolme uue L2 kategooria /ö/, /ü/ ja /õ/ vahel. Seetõttu erinesid L2 ja L1 rühma tulemused märkimisväärselt – kategooriapiiride asukohad on kõigis vokaalipaarides erinevad, kuid see erinevus pole statistiliselt oluline /õ/-/ü/ puhul, küll aga osutusid statistiliselt oluliseks erinevused L1 ja L2 kategooriapiiride laiustes kõigis kolmes vokaalipaaris. Tulemustest nähtub, et L2 tajuruumis on uute vokaalikategooriate piirid oluliselt hägusamad vastavatest L1 piiridest eelkõige vokaalide /õ/-/ü/-/ö/ siseruumis, L2 kategooriapiirid välisnaabritega (/u/, /o/, /a/, /ä/, /e/ ja /i/) hälbivad vastavatest L1 piiridest suhteliselt vähe.

Illustreerimaks L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride paiknemist F1&F2 akustilises ruumis, on arvutatud kategooriapiiri ja piiriala laiuse mediaanväärtustele

vastavad formantsagedused F1 ja F2 kõigis vokaalipaarides ja need on esitatud graafiliselt joonisel 10.



Joonis 10. Vokaaliprototüübid (♦) ja vokaalikategooriate piirid L1 (●—●—●) ja L2 (○—○—○) (keskmine sümbol tähistab piiri asukohta, äärmised piiriala laiust keelejuhtide puhul).

4.2. Vokaalide akustiline analüüs

SLM hüpoteesi H7 (Flege 1995, vt ptk 1.2) kohaselt vastab hääliku hääldus tema foneetilise kategooria omadustele tajuruumis ja L2 tajukategooriate hälbed võimaldavad prognoosida L2 hääldusprobleeme (Barry 1989). Järgnevalt uurimegi, kuidas realiseeruvad eesti vokaalid L2 keelejuhtide häälduses. Lähtudes tajukatses leitud L1 ja L2 rühma erinevustest, võib püstitada järgmised hüpoteesid:

1. vokaalide /i, e, u, o, a/ puhul peaks kahe rühma häälduserinevused olema suhteliselt väikesed ja jääma loomuliku variatiivsuse piiridesse,
2. olulised hälbed on ootuspärased eelkõige vokaalide /ü/, /ö/ ja /õ/ häälduses, ka /ä/ häälduse hälbed võivad ületada statistilise olulisuse piiri.

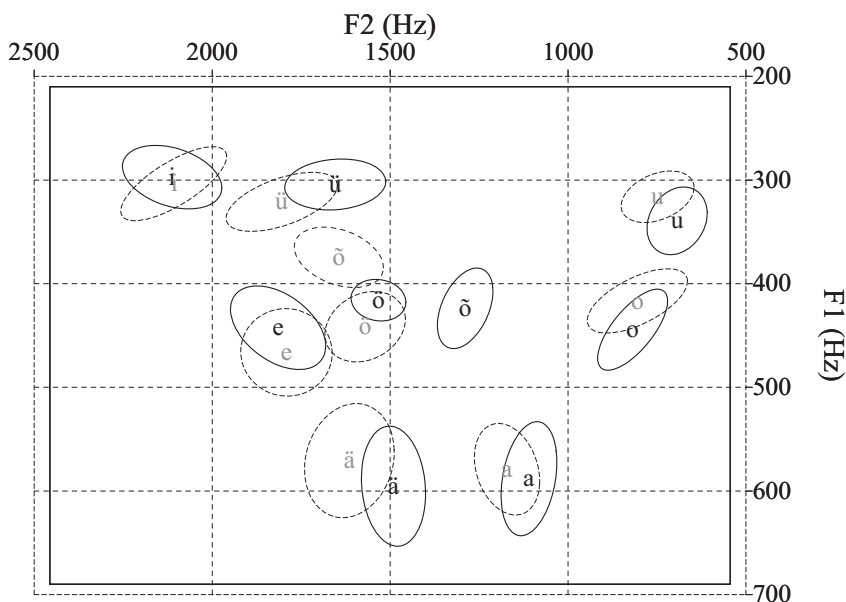
L1 ja L2 keelejuhtide vokaalide häälduse võrdlemiseks kasutan kahesilbiliste Q1, Q2 ja Q3 sõnade (vt ptk 3.2) rõhulises silbis esinevate vokaalide (kolm hääldusjuhtu iga vokaali puhul) formantsagedusi F1 ja F2. Formantsageduste automaatseks mõõtmiseks on kohandatud Praati skript, mis leiab eelnevalt segmenteeritud sõnades esimese silbi vokaali formantide väärtused vokaali keskkohast. Formantanalüüsi parameetrid olid järgmised: akna suurus 25 ms; akna nihkesamm 10 ms; maksimaalne formantide arv 5; maksimaalne formantsagedus 5000 Hz meeskeelejuhtide puhul, 5500 Hz naiskeelejuhtide puhul; sagedused alates 50 Hz eelvõimendatud. Tagavokaalide /u/ ja /o/ puhul muudeti maksimaalse formantsageduse väärtust – 4000 Hz ja 4500 Hz vastavalt mees- ja

naiskeelejuhtide puhul. Automaatselt leitud formantväärtuste tõepärasuse hindamiseks võrreldi neid varasemate mõõtmistulemustega (Liiv, Rimmel 1970; Eek, Meister 1998; Lippus 2010) ja ebatõepärase formantväärtuste korral mõõdeti need spektrogrammilt käsitsi. Erivälistest sõnadest mõõdetud vokaalide formantsageduste võrdlemisel ilmnes sama tendents, mis on teada varasematest uuringutest (Eek, Meister 1998; Lippus 2010) – vokaalid Q2 ja Q3 sõnade esisilpides on perifeersemad kui Q1 sõnades. Sarnaselt Eek, Meister (1998) tulemustega, jäävad ka käesolevas töös mõõdetud lühikeste ja pikkade vokaalide kvaliteedierinevused valdavalt alla 1 bargi. F1 teljel on Q2-Q3 vokaalide erinevused keskmiselt 0,1 barki, Q2-Q3 ja Q1 vokaalide erinevused aga keskmiselt 0,23 barki; F2 teljel on vastavad erinevused keskmiselt 0,22 ja 0,52 barki. Ainsa erandina L1 rühmas (nii nais- kui meeskeelejuhtide puhul) ületasid 1 bargi piiri erinevused /o/-vokaali kvaliteedis (naiskeelejuhtidel oli F2(Q3) ja F2(Q1) erinevus 1,4 barki ning F2(Q2) ja F2(Q1) erinevus 1,1 barki; meeskeelejuhtidel vastavalt 1,3 ja 0,8 barki). L2 rühmas olid kvaliteedivariatsioonid veidi suuremad – naiskeelejuhtide häälduses oli lühike /e/-vokaal tugevalt redutseerunud vokaaliruumi keskme suunas (F2(Q3) ja F2(Q1) vahe oli 2,5 barki, F2(Q2) ja F2(Q1) vahe 2,7 barki), meeskeelejuhtidel ületasid 1 bargi piiri /o/ ja /u/ kvaliteedivariatsioonid (/o/ puhul F2(Q3) ja F2(Q1) erinevus 1,2 barki, /u/ puhul F2(Q2) ja F2(Q1) erinevus 1,1 barki).

Et L1 ja L2 vokaalide kvaliteedivariatsioonid mahuvad valdavalt 1 bargi piiresse, siis on vokaalitüüpi iseloomustavad formantsagedused arvutatud kui Q1, Q2 ja Q3 mõõtetulemuste keskmised. Iga vokaalitüübi keskmised formantväärtused ning standardhälbed on leitud mõlemas rühmas eraldi mees- ja naiskeelejuhtide jaoks. F1 ja F2 keskmiste väärtuste statistilist erinevust L1 ja L2 rühmas hinnati t-testi abil. Meeskeelejuhtide tulemused on esitatud tabelis 10 ja joonisel 11, naiskeelejuhtide tulemused tabelis 11 ja joonisel 12.

Tabel 10. L1 ja L2 meeskõnelejate rühuliste vokaalide formantsageduste keskvväärtused (F1, F2), standardhälbed (σ_{F1} ja σ_{F2}) ja L1-L2 formantsageduste erinevuse olulisus p (olulisusnivoo tähised: ‘***’ p < 0,001, ‘**’ p < 0,01, ‘*’ p < 0,05).

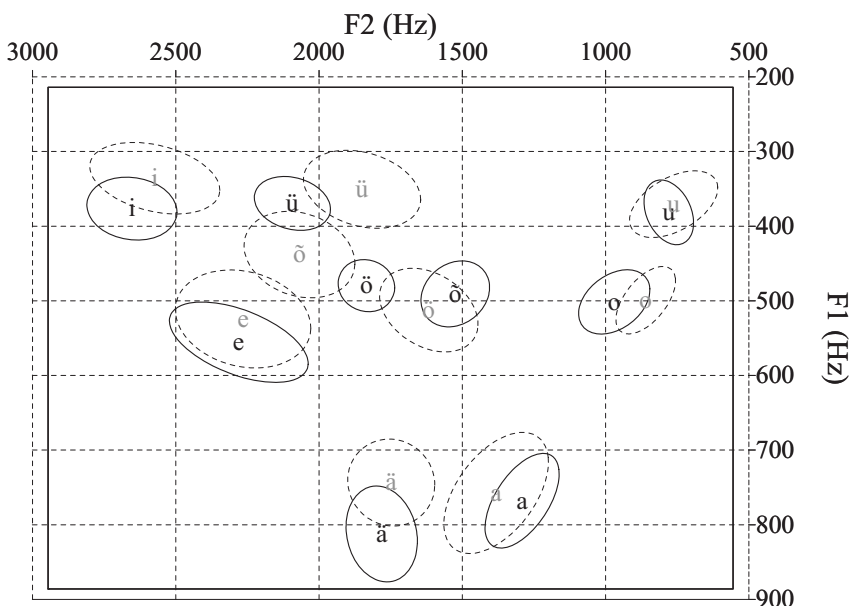
Vokaal	L1				L2				L1-L2
	F1 (Hz)	F2 (Hz)	σ_{F1} (Hz)	σ_{F2} (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)	σ_{F1} (Hz)	σ_{F2} (Hz)	p
i	297	2113	30,6	139,7	304	2108	35,7	148,8	–
ü	304	1654	24,6	142,1	321	1804	28,4	156,3	* _{F2}
u	339	693	32,6	84,5	316	748	24,8	102,4	* _{F1}
e	443	1815	40,3	133,8	466	1791	42,2	128,5	–
ö	416	1533	20,1	77,1	442	1570	34,0	112,9	* _{F1}
õ	424	1289	38,8	78,0	375	1644	29,1	125,2	*** _{F1F2}
o	444	818	39,1	98,3	417	805	31,0	140,8	* _{F1}
ä	595	1490	58,0	90,1	571	1614	55,1	126,0	** _{F2}
a	588	1109	55,0	78,4	579	1171	44,2	91,8	–



Joonis 11. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) meeskõnelejate rõhuliste vokaalide paigutus F1 vs. F2 akustilises ruumis (vokaali tähis esindab formantsageduste keskvaartust ja ellipsi teljed vastavad standardhälbele).

Tabel 11. L1 ja L2 naiskõnelejate rõhuliste vokaalide formantsageduste keskvaartused (F1, F2), standardhälbed (σ_{F1} ja σ_{F2}) ja L1-L2 formantsageduste erinevuse olulisus p (olulisusnivoo tähised: '****' p < 0,001, '**' p < 0,01, '*' p < 0,05).

Vokaal	L1				L2				L1-L2
	F1 (Hz)	F2 (Hz)	σ_{F1} (Hz)	σ_{F2} (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)	σ_{F1} (Hz)	σ_{F2} (Hz)	p
i	376	2653	42,2	157,3	336	2573	47,9	226,9	* _{F1}
ü	370	2093	36,1	132,9	351	1849	52,2	204,4	*** _{F2}
u	381	779	43,3	86,5	370	762	44,6	153,9	—
e	555	2280	53,8	242,1	524	2265	65,6	236,2	—
ö	480	1834	35,0	98,6	512	1616	56,0	171,6	* _{F1} *** _{F2}
õ	491	1524	44,2	119,7	438	2068	57,9	193,4	** _{F1} *** _{F2}
o	501	969	43,1	124,3	499	860	45,2	103,8	* _{F2}
ä	812	1781	64,2	124,4	744	1748	58,2	151,9	** _{F1}
a	768	1291	63,4	129,3	757	1382	81,1	182,2	—



Joonis 12. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) naiskõnelejate rõhuliste vokaalide paigutus F1 vs. F2 akustilises ruumis (vokaali tähis esindab formantsageduste keskväärtust ja ellipsi teljed vastavad standardhälbele).

Võrdleme L2 rühma vokaalide paiknemist F1 vs. F2 akustilises ruumis L1 rühma vastavate vokaalide suhtes.

Meeskeelejuhtide andmetest (vt tabel 10 ja joonis 11) näeme, et:

- vokaalide /i/, /e/ ja /a/ puhul ei ole formantsageduste F1 ja F2 erinevused L1 ja L2 rühmas statistiliselt olulised;
- L2 rühma vokaalid /u/ ja /o/ paiknevad pisut kõrgemal ja /ø/ pisut madalamal võrreldes L1 rühma vastavate vokaalidega – F1 erinevused on statistiliselt olulised nivool $p < 0,05$; F2 erinevused ei ole olulised;
- vokaalid /ü/ ja /ä/ on L2 rühmas eespoolsemad võrreldes L1 rühma vastavate vokaalidega – /ü/ puhul on F2 erinevus statistiliselt oluline nivool $p < 0,05$, /ä/ puhul on erinevus veelgi olulisem: $p < 0,01$; F1 erinevused ei ole kummagi vokaali puhul statistiliselt olulised;
- eriliselt silmatorkav on L2 rühma /õ/ vokaali asukoht – see on L1 /õ/ suhtes oluliselt eespoolsem ja kõrgem; F1 ja F2 erinevused kahes rühmas on statistiliselt eriti olulised: $p < 0,001$.

Naiskeelejuhtide tulemused (vt tabel 11 ja joonis 12) on osalt kokkulangevad meeskeelejuhtide tulemustega:

- formantsageduste F1 ja F2 erinevused ei ole kahes rühmas statistiliselt olulised vokaalide /u/, /e/ ja /a/ puhul;

- L2 rühma vokaalid /i/ ja /ä/ on kõrgemal ja /o/ tagapoolsem võrreldes L1 rühma vastavate vokaalidega – /i/ puhul on F1 ja /o/ puhul F2 erinevused statistiliselt olulised nivool $p < 0,05$, /ä/ puhul on F1 erinevus statistiliselt oluline nivool $p < 0,01$;
- kõige enam hõlbib L2 vokaalide paigutus L1-st vokaalide /ü/, /ö/ ja /õ/ puhul – /ü/ on tunduvalt tagapoolsem (F2 erinevus statistiliselt oluline nivool $p < 0,001$), /ö/ on nihkunud pisut madalamale ja oluliselt tahapoole (F1 puhul $p < 0,05$; F2 puhul $p < 0,001$) ning /õ/ paikneb kõrgemal ja on tunduvalt eespoolsem (F1 puhul $p < 0,01$; F2 puhul $p < 0,001$).

Mees- ja naiskeelejuhtide formantsageduste otsene võrdlus pole võimalik, sest meeste ja naiste kõnetraktide füsioloogilistest erinevustest tingituna on naiste formantsagedused kõrgemad kui meestel. Võrreldavate tulemuste saamiseks on välja töötatud mitmeid formantsageduste normaliseerimis-algoritme (Lobanov 1971; Nearey 1977; Labov jt 2006; Watt, Fabricius 2002), üheks paremaks peetakse neist Lobanovi algoritmi (Adank jt 2004).

Normaliseeritud formantsageduse n väärtus vokaali V jaoks leitakse iga keelejuhi jaoks eraldi järgmise valemiga (Lobanov 1971):

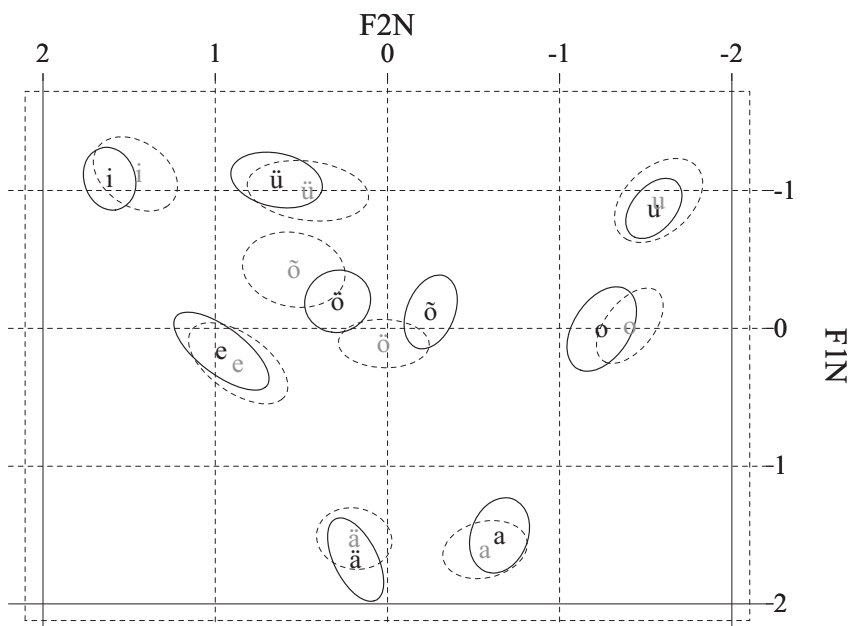
$$F_{n[V]}^N = \frac{F_{n[V]} - \bar{F}_n}{\sigma_n}$$

kus $F_{n[V]}$ on vokaali V formantsageduse n väärtus hertsides, \bar{F}_n ja σ_n on vastavalt antud keelejuhi kõigi vokaalide n -nda formandi keskmine sagedus ja standardhälve.

Eelneva valemi abil saadud formantsageduste normaliseeritud väärtused mees- ja naiskeelejuhtide jaoks on nüüd omavahel võrreldavad. L1 ja L2 rühma normaliseeritud tulemused on esitatud tabelis 12 ja joonisel 13.

Tabel 12. L1 ja L2 keelejuhtide rõhuliste vokaalide normaliseeritud formantsageduste keskvväärtused (F_{1N} , F_{2N}), standardhälbed (σ_{F1N} ja σ_{F2N}) ja L1 vs. L2 erinevuse olulisus p (olulisusnivoo tähised: ‘***’ $p < 0,001$, ‘**’ $p < 0,01$, ‘*’ $p < 0,05$).

Vokaal	L1				L2				L1-L2
	F1N	F2N	σ_{F1N}	σ_{F2N}	F1N	F2N	σ_{F1N}	σ_{F2N}	p
i	–1,09	1,61	0,23	0,15	–1,12	1,46	0,27	0,24	** _{F2}
ü	–1,08	0,64	0,20	0,27	–1,0	0,46	0,22	0,35	* _{F2}
u	–0,87	–1,55	0,22	0,16	–0,93	–1,57	0,30	0,26	–
e	0,17	0,96	0,28	0,28	0,25	0,87	0,29	0,29	–
ö	–0,20	0,29	0,23	0,19	0,11	0,02	0,18	0,26	*** _{F1F2}
õ	–0,12	–0,25	0,27	0,15	–0,43	0,54	0,27	0,30	*** _{F1F2}
o	0,004	–1,25	0,30	0,20	–0,02	–1,41	0,27	0,19	** _{F2}
ä	1,68	0,19	0,30	0,16	1,53	0,19	0,22	0,22	* _{F1}
a	1,50	–0,65	0,27	0,17	1,61	–0,57	0,21	0,25	–



Joonis 13. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) keelejuhtide rõhuliste vokaalide paigutus normaliseeritud F1N vs. F2N akustilises ruumis (vokaali tähis esindab normaliseeritud formantsageduste keskväärtust ja ellipsi teljed vastavaid standardhälbeid).

L1 ja L2 vokaalide asetusest normaliseeritud F1N vs. F2N ruumis (vt tabel 12 ja joonis 13) näeme, et:

- vokaalide /u/, /e/ ja /a/ erinevused L1 ja L2 rühmas ei ole statistiliselt olulised;
- L2 vokaalid /i/, /ü/ ja /o/ erinevad F2N telje suunal olles vastavate L1 vokaalidega võrreldes tagapoolsemad – /i/ ja /o/ korral on F2N väärtuste erinevus statistiliselt oluline nivool $p < 0,01$, /ü/ puhul aga nivool $p < 0,05$; F1 erinevused ei ole statistiliselt olulised;
- L2 vokaal /ä/ paikneb vastavalt L1 vokaalist kõrgemal, F1N erinevus on statistiliselt oluline nivool $p < 0,05$; F2N erinevus pole oluline;
- L2 rühma vokaalid /õ/ ja /õ/ hälbivad vastavatest L1 vokaalidest mõlema telje suunal – L2 /õ/ on L1 /õ/ suhtes oluliselt tagapoolsem ja madalam ning L2 /õ/ on L1 /õ/ suhtes oluliselt eespoolsem ja kõrgem; mõlema vokaali puhul on F1N ja F2N erinevused statistiliselt eriti olulised: $p < 0,001$.

4.3. Akustilise analüüsi ja tajukatsete tulemuste võrdlus

Kuigi tajukatses ei uuritud vokaaliprototüüpide paiknemist tajuruumis, vaid vokaalikategooriate piire, on tajukatse tulemused hästi võrreldavad akustilise analüüsi tulemustega ja need osutavad ühtemoodi L1 ning L2 vokaalikategooriate erinevustele. Vaatleme akustilise analüüsi ja tajukatse tulemusi häälikupaaride kaupa (vrd kategooriapiiride andmeid tabelis 9 ja joonisel 10 ning akustilise analüüsi normaliseeritud andmeid tabelis 12 ja vokaalide paigutust joonisel 13).

Tajukatse tulemused prognoosisid kahe rühma häälduses olulisi erinevusi vokaalide /ü/, /ö/ ja /õ/ ning osaliselt ka /ä/ puhul ja lähedasi tulemusi vokaalide /i, e, u, o, a/ häälduses.

Vokaalid /i/ ja /ü/ on L2 häälduses tagapoolsemad võrreldes L1 rühmaga, rühmade erinevus ees-tagatse teljel (F2N) on statistiliselt oluline ($p < 0,01$). See on kooskõlas tajukatse tulemusega, mille kohaselt on ka L2 rühma /i/-/ü/ kategooriapiir vastava L1 piiriga võrreldes tagapoolsem. L2 häälduse /ü/ häälduses on igati ootuspärane, sest /ü/ kategooriapiirid naabervokaalidega on oluliselt hägusamad kui L1 piirid (vt ptk 4.3) ja /i/-/ü/ tajupiiri erinevus võib olla ka põhjuseks /i/ tagapoolsemale asukohale L2 häälduses.

/e/ hääldus L2 rühmas on pisut /ä/-poolsem võrreldes L1 rühmaga, kuid see erinevus pole statistiliselt oluline. L2 /ä/ hääldus on omakorda /e/-poolsem, olles statistiliselt oluline F1N teljel. Tajukatsest selgus, et /e/-/ä/ piir on L2 rühmas hägusam kui L1 rühmas.

/u/ häälduses olulisi erinevusi kahe rühma vahel ei leitud. Tajukatse näitas olulist erinevust ainult u/-/õ/ kategooriapiiri laiuses, kuid see pole avaldanud mõju L2 /u/ hääldusele.

/o/-vokaali puhul ilmnesid statistiliselt olulised häälduserinevused kahes rühmas F2N telje suunas – L2 /o/ on tagapoolsem võrreldes L1 hääldusega; tajukatse /o/ kategooriapiirides rühmadevahelisi olulisi erinevusi ei leitud.

/a/ häälduserinevused kahes rühmas ei ole statistiliselt olulised, kuid joonisel 13 võib näha, et standardhälbeid esitavad ellipsid on L2 rühma puhul venitatud enam F2N telje suunas, L1 rühmal aga F1N telje suunas. Selline tulemus on kooskõlas tajukatse tulemusega, mille kohaselt on /a/-/ä/ kategooriapiiri laius L2 rühmas oluliselt suurem kui L1 rühma puhul.

Vokaalide /õ/ ja /ö/ häälduses esinesid rühmade vahel olulised erinevused nii F1N kui ka F2N telje suunal – L2 /õ/ on oluliselt tagapoolsem ja madalam ning /ö/ on oluliselt eespoolsem ja kõrgem võrreldes vastavate L1 vokaalide paigutusega. F2N telje suunal on /õ/ ja /ö/ L2 häälduses vahetanud oma kohad, st /õ/ on eespoolsem kui /ö/. Suuri erinevusi /õ/ ja /ö/ häälduses prognoosis ka tajukatse tulemus, mis näitas olulisi erinevusi kategooriapiiride tajumisel vokaali-

paarides /õ/-/ö/, /ö/-/ü/ ja /õ/-/ü/. Siiski eristasid kõik L2 kuulajad /õ/-/ö/ jada äärmisi stiimuleid korrektselt ja nende tajukõver näitab kategooriaalse taju efekti (vt joonis 9). Tõenäoliselt mõjutab L2 keelejuhtide eesti /õ/ hääldust nende emakeelne fonoloogiline mall, mille kohaselt on vene /õ/ oluliselt eespoolsem võrreldes eesti /õ/-ga (vt joonis 2).

Sellist nähtust, kus L2 kõnelejad tajuvad L2 kategooriate kontraste suhteliselt hästi, kuid ei ole võimelised neid häälduses realiseerima, nimetatakse fonoloogiliseks asümmeetriaks (Neufeld 1988) ja seda on kirjeldatud mitmetes uuringutes (nt inglise keelt õppivate korealaste inglise keele /r/-/l/ taju ja häälduse puhul (Borden jt 1983)).

Kokkuvõttena võib tõdeda, et eeltoodud tajukatse ja akustilise analüüsi tulemused on omavahel heas kooskõlas ja kinnitavad töös püstitatud hüpoteese. Saadud tulemused on valdavalt kooskõlas ka PAM-L2 (Best, Tyler 2007) ja SLM (Flege 1995) mudelitega ja toetavad ka Barry (1989) väidet, et L2 tajukategooriate hälbed võimaldavad prognoosida probleeme L2 kategooriate häälduses.

5. LÜHIKE/PIKK KATEGOORiate TAJU JA HÄÄLDUS⁶

Erinevates keeltes on kestusel erinev roll – kvantiteedikeeltes (nt eesti ja soome) on kõnesegmendi suhteline kestus tunnuseks, mille alusel eristatakse üksik- ja topeltfoneeme, mitte-kvantiteedikeeltes (nt vene k) kestusel baseeruvaid fonoloogilisi vastandusi ei esine. Kui lapse emakeeleks on kvantiteedikeel, siis selle fonoloogilise süsteemi omandamisel õpib ta kasutama kestust kontrastiivselt, st hääldama ja kuuldeliselt eristama kestusel baseeruvaid vastandusi. Kõnesegmentide foneetiline kestus sidus kõnes varieerub suurtes piirides (vt ptk 2.2) ja seda mõjutavad mitmed tegurid nagu näiteks kõnetempo, kõnestiil, foneetiline kontekst, segmendi asukoht sõnas ja lauses, aga ka morfoloogilised, süntaktilised ja paralingvistilised tegurid (vt nt Mihkla 2007), seetõttu ei saa kõnesegmendi fonoloogilise pikkuse taju aluseks olla ainult segmendi absoluutne kestus. Tajumehhanism klassifitseerib muutuva kestusega kõnesegmendid kahte diskreetsesse pikkusastmesse lähtudes segmendi suhtelisest kestusest antud kontekstis ja keelespetsiifilistest fonoloogilise pikkuse tajumustritest. Et vene keele fonoloogilises süsteemis ei kasutata kestust kontrastiivselt, siis võib eesti keele fonoloogiliste pikkusastmete eristamine valmistada vene emakeelega keelejuhtidele raskusi.

5.1. Lühike/pikk kategooriate taju

5.1.1. Eesmärk

Käesoleva tajukatse eesmärgiks on uurida vene emakeelega keelejuhtide võimet eristada eesti keele fonoloogilisi kestuskategooriaid võrdluses eesti emakeelega keelejuhtidega. Katsematerjal koosneb kolmest seeriast, milles lühike/pikk kategooriate vastandus esineb kolmes erinevas kontekstis: (1) isoleeritud vokaalides V vs. VV, (2) CVC-segmen-dis CVC vs. CVVC ja (3) kahesilbilistes sõnades CVCV vs. CVVCV. Esimese katseseeria abil selgitatakse, kas lühike/pikk kategooriate eristamine on võimalik olukorras, kus puudub kõnetempot määrav kontekst. Teises katseseerias uuritakse lühike/pikk kategooriate eristamist ühesilbilistes tehissõnades ja kõnetempo rolli selles (kõnetempot signaalseerib C1 kestus). Kolmas katseseeria sisaldab kahesilbilisi sõnu, milles lisaks kestusvastanduste eristamisele uuritakse põhitooni mõju lühike/pikk kategooriate eristamisele sõna kontekstis. Tingituna kestuse erinevast rollist eesti ja vene keeles, kasutavad L1 ja L2 keelejuhid erinevaid tajumehhanisme, mistõttu on oodata olulisi erinevusi L1 ja L2 rühma katsetulemustes. L1 ja L2 rühma tulemusi võrdlen kolme parameetri alusel: (1) lühike/pikk kategooriapiiri

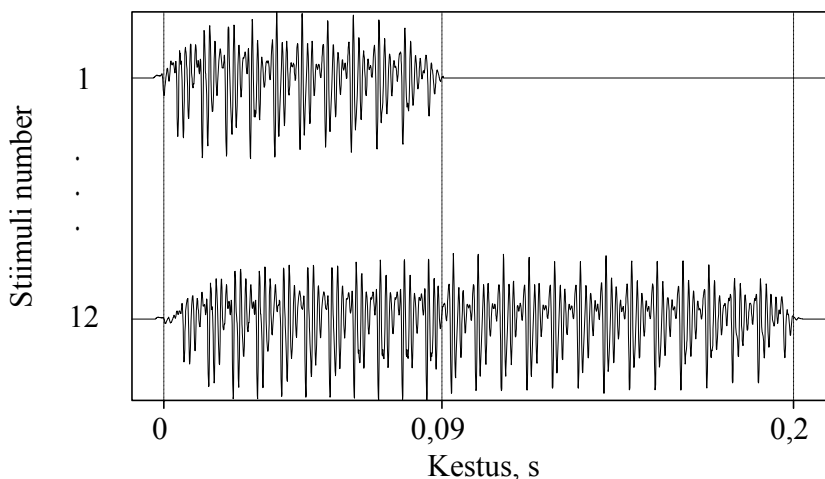
⁶ Selles peatükis esitatud tulemusi on osalt avaldatud artiklis Meister, L., Meister, E. (2011a).

asukoht, (2) lühike/pikk kategooriapiiri laius, (3) keelejuhtide tajutsustuste hajuvus. Tulemuste interpreteerimisel lähtun kahest hüpoteesist – tunnuse hüpotees (McAllister jt 2002) ja desensibiliseerimise hüpotees (Bohn 1995) (vt hüpoteeside kirjeldust ptk 1.2).

5.1.2. Stiimulid ja katse korraldus

Lühike/pikk kategooriapiiri määramiseks valmistasin stiimulid kolme katseseeria jaoks, lähtematerjalina kasutasin meeskeeleejuhi hääldatud *a*-vokaali ja sõnu *saas* ning *saada* (Q2).

V-seeria, milles muudeti isoleeritud vokaali /a/ kestust vahemikus 90 ms kuni 200 ms sammuga 10 ms, kokku 12 stiimulit (vt joonis 14). Põhitooni sagedus vokaali alguses on 130 Hz ja see langeb ühtlaselt vokaali kestel 120 Hz-ni.

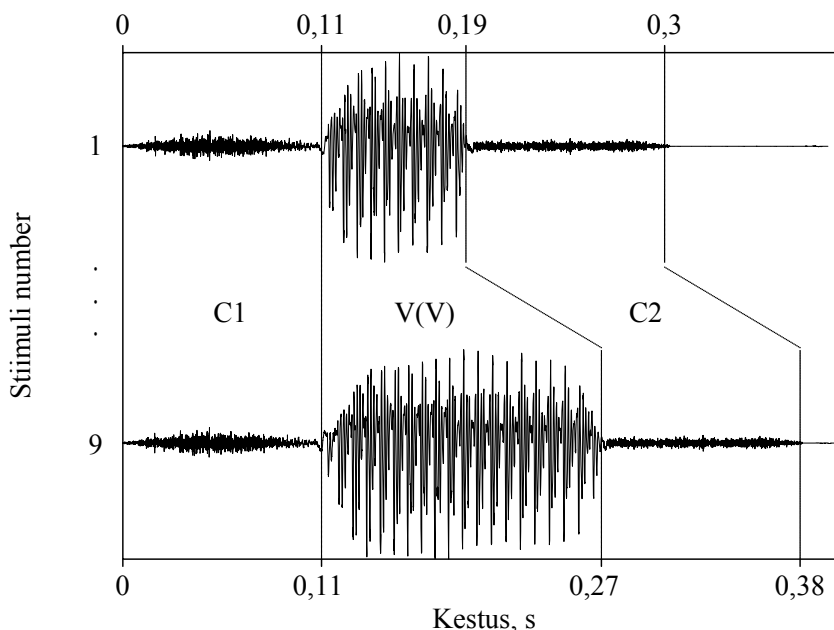


Joonis 14. V-seeria stiimulid: vokaali kestus muutub vahemikus 90 ms kuni 200 ms sammuga 10 ms.

V-seeria stiimulijada on tehislik, sest eesti keeles ei esine minimaalpaare, milles lühike/pikk vastandus leiab aset üksikul vokaalil. Lühike isoleeritud /a/ kuulub kui sõnakontekstist väljalõigatud vokaalisegment, pikk vokaal esineb hüüdsõnana *aa!* /aa:/ ja kohanimeks *Aa* /aa:/ (küla Kirde-Eestis). Seega on lisaks kestusvastandusele V-seeria stiimulijadas tegemist ka olematu ja olemasoleva sõna vastandusega.

CVC-seeria puhul kasutasin lähtematerjalina tehissõna *saas*. Vokaali kestust muutsin vahemikus 80 ms kuni 160 ms sammuga 10 ms (vt joonis 15). Vokaali põhitooni sagedust muutsin järgmiselt: vokaali alguses on see 130 Hz, tõuseb 135 Hz-ni vokaali esimese kolmandiku jooksul ja langeb ühtlaselt 120 Hz-ni vokaali lõpus.

Eek, Meister (2003) on näidanud, et sõnaalgulise konsonandi kestus annab kuulajale informatsiooni lokaalse kõnetempo kohta ja mängib rolli ka lühike/pikk kategooriapiiri tajumisel. Modelleerimaks kõnetempot, muutsin sõna algus- ja lõpukonsonantide kestust, ühel juhul $C1=C2=110$ ms (tähistatud kui CVC(1)), teisel juhul $C1=C2=80$ ms (tähistatud kui CVC(2)). Eeldatavasti tajutakse CVC(2)-seerias kategooriapiiri lühema vokaalikestuse korral kui seerias CVC(1). Stiimulite arv CVC-seerias on kokku 18.

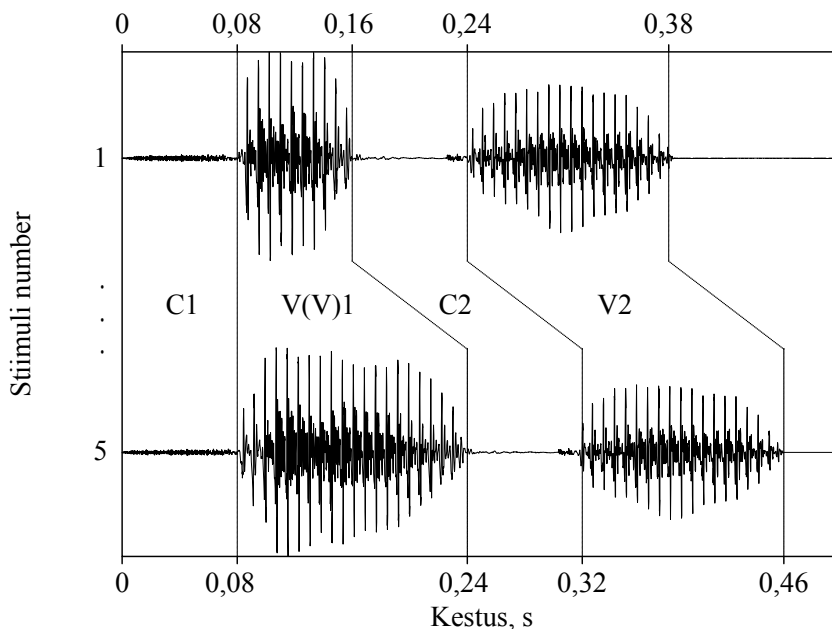


Joonis 15. CVC(1)-seeria stiimulid: $C1 = C2 = 110$ ms, V kestus muutub vahemikus 80 ms kuni 160 ms sammuga 10 ms.

CVC vs. CVVC vastandus on samuti osalt tehisklik, sest CVC-struktuuriga ühesilbilist sõna eesti keeles ei esine. Lühike/pikk vokaalivastandusega ühesilbilistes sõnades kaasneb lõpukonsonandi vastupidine kestusvastandus, st fonoloogiliselt võimalikud struktuurid on CVCC ja CVVC, kuid mitte CVC. Niisiis on CVC-seerias tegemist võimatu ja võimaliku sõna vastandusega, kuid nagu varasemad eksperimendid (Eek, Meister 2003) on näidanud, ei häiri see vokaalipikkuse taju.

CVCV-seeria lähtematerjaliks on teisevälteline sõna *saada*, mille rõhulise silbi vokaali kestust sammhaaval lühendades saadi esmavälteline sõna *sada*, st lisaks lühike/pikk vokaalivastandusele kaasneb paratamatult Q1 vs. Q2 vältevastandus. Stiimulijadas muutub vokaali V1 kestus vahemikus 80 ms kuni 160 ms sammuga 20 ms; ülejäänud segmentide kestused on fikseeritud järgmiselt: $C1 = C2 = 80$ ms, $V2 = 140$ ms (joonis 16). Segmentidekestuste määratle-

misel võtsin aluseks Tempo-korpuse CV(V)CV-tüüpi sõnadest mõõdetud segmendi-kestused, mis vastavad keskmisest pisut aeglasemale kõnetempole (Eek, Meister 2003). Selgitamaks põhitooni rolli lühike/pikk kategooriapiiri tajumisel tegin CVCV-seeriast kaks varianti: CVCV(1) stiimulite põhitooni-kontuur matkib esma- ja teisevälteliste sõnade tüüpilist põhitooni kulgu, st V1 alguses on põhitooni väärtuseks 120 Hz ja see tõuseb ühtlaselt vokaali kestel 140 Hz-ni, teise vokaali alguses on põhitooni sagedus 120 Hz ja see langeb vokaali kestel 100 Hz-ni, CVCV(2) puhul on V1 ja V2 põhitooni sagedus konstantne 130 Hz. Stiimulite koguarv CVCV-seerias on 10.



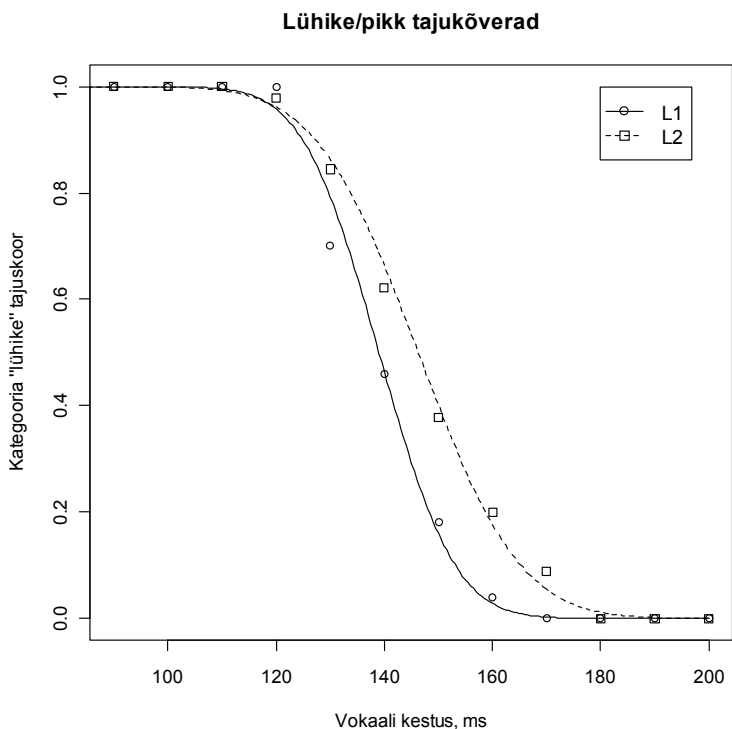
Joonis 16. CVCV-seeria stiimulid: C1 = C2 = 80 ms, V1 kestus muutub vahemikus 80 ms kuni 160 ms sammuga 20 ms, V2 = 140 ms.

Tajukatseks kasutasin Praati eksperimendikeskkonda. Katse oli korraldatud katseseeriade kaupa, esmalt V-, siis CVC- ja lõpuks CVCV-seeria, katseseeriade vahel võis katseisik vajadusel teha väikese pausi. V- ja CVC-seeriade stiimulid kordusid katse jooksul juhuslikus järjekorras viis korda, CVCV stiimulid aga kolm korda. Katseisikutele esitati stiimulid läbi kõrvaklappide ja nad pidid vastama, kas kuulnud vokaali stiimulis on pikk või lühike, klikkides ühele kahest võimalikust vastusevariandist arvutiekraanil. Vastusevariandid olid tähistatud vastavalt katseseeriale „A” ja „AA”, „SAS” ja „SAAS” ning „SADA” ja „SAADA”. Katse toimus müravabas ruumis, kokku esitati igale katseisikule 180 stiimulit, katse kestus oli umbes 15–20 minutit.

5.1.3. Tulemused

5.1.3.1. V-seeria

Lühike vs. pikk kategooriate eristamine isoleeritud vokaalstiimulites on kindlasti raske ülesanne, sest puudub abistav kontekst. L1 keelejuhtide tajutsustused baseeruvad emakeele fonoloogilise süsteemi omandamisel väljakujunenud kestuskategooriate eristusvõimel, L2 keelejuhtide emakeele fonoloogilises süsteemis aga vastavad tajumustrid puuduvad. Kõik L1 ja valdav enamus L2 keelejuhtidest said ülesandega hakkama ja näitasid süstemaatiliselt kategooriaalse tajutajade efekti. L1 keelejuhtide tajutsustuste hajuvus oli väike – rühmasisene korrelatsioonikordaja $ICC = 0,94$ (ingl *Intraclass Correlation Coefficient*). Ainult üks L2 keelejuht (Kj 4) tajus stiimuleid valdavalt lühikestena, klassifitseerides pikaks ainult kahte kõige pikema kestusega stiimulit, sedagi vaid kahel korral viiest (kõik stiimulid kordusid katses viis korda). Selle keelejuhi tulemused on edasisest analüüsist välja jäetud, sest need ei näidanud kategooriaalse tajutajade efekti. Ülejäänud L2 keelejuhtide puhul oli $ICC = 0,93$, mis on väga lähedane L1 rühma vastavale näitajale. L1 ja L2 rühmade tajukõveratest (vt joonis 17) ja karpdiagrammidest (vt joonis 18) on näha, et L2 lühike/pikk kategooriapiir on pikema vokaalikestuse juures ja L2 rühma kategooriapiiri laius on suurem võrrelduna L1 vastavate väärtustega.

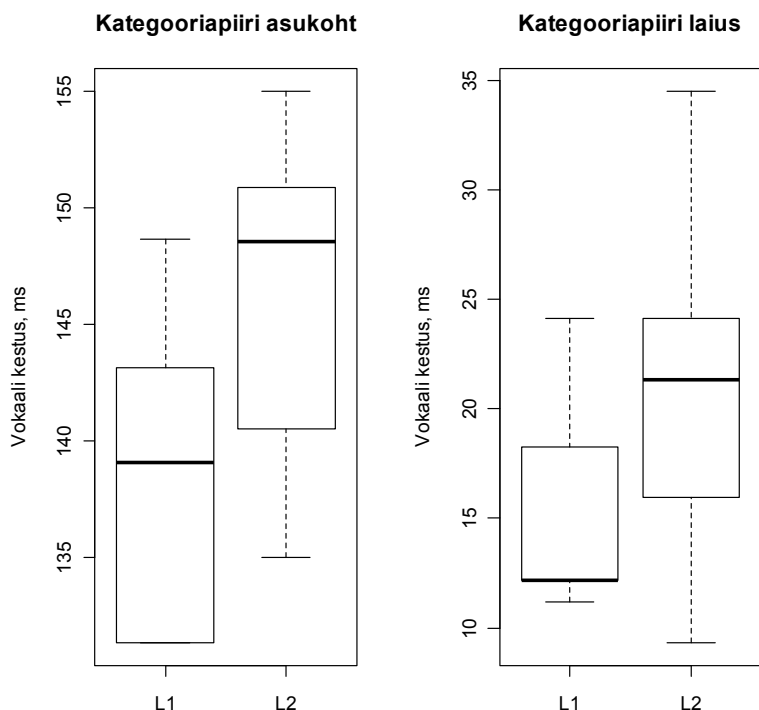


Joonis 17. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) rühmade keskmised tajuskoorid ja tajukõverad V-seeria stiimulite korral.

L1 keelejuhtide individuaalsed lühike/pikk kategooriapiirid langesid vahemikku 131,3 kuni 148,7 ms, L1 rühma keskmine kategooriapiir on 139 ms ($\sigma = 6,2$ ms); kategooriapiiri laius on vahemikus 11,2 kuni 24,1 ms, keskmiselt 14,8 ms ($\sigma = 4,9$ ms).

L2 keelejuhtide individuaalsed kategooriapiirid kõikusid vahemikus 135 kuni 155 ms, L2 rühma keskmine kategooriapiir on 146 ms ($\sigma = 6,8$ ms); kategooria piiri laius on vahemikus 9,3 kuni 34,5 ms, keskmiselt 21,2 ms ($\sigma = 7,4$ ms).

ANOVA⁷ tulemused näitavad, et L1 ja L2 kategooriapiiride erinevus on statistiliselt oluline $F(1, 17) = 5,8$; $p < 0,05$, samuti osutus oluliseks L1 ja L2 kategooriapiiride laiuste erinevus $F(1, 17) = 4,9$; $p < 0,05$.



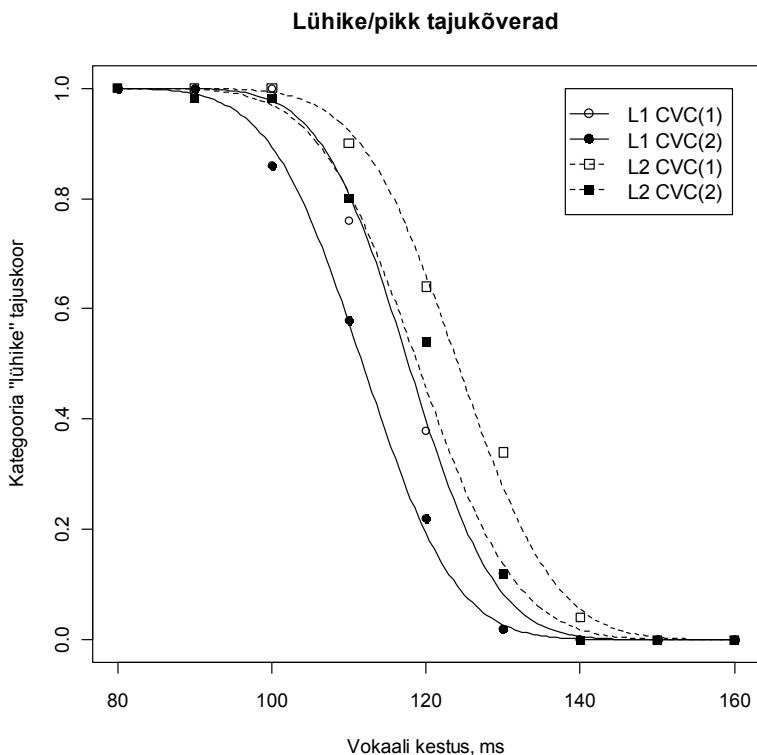
Joonis 18. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride asukoha (vasakul) ja laiuse (paremal) karpdiagrammid.

5.1.3.2. CVC-seeria

Võrreldes V-seeriaga on lühike vs. pikk vokaalikategooriate eristamine CVC-seeria stiimulijadades tänu kontekstile lihtsam – mõlemas stiimulijadas näitasid kõigi katsealuste tulemused süstemaatilist kategooriaalse taju efekti. CVC(1)

⁷ ANOVA (ingl *Analysis of Variance*) – dispersioonanalüüs.

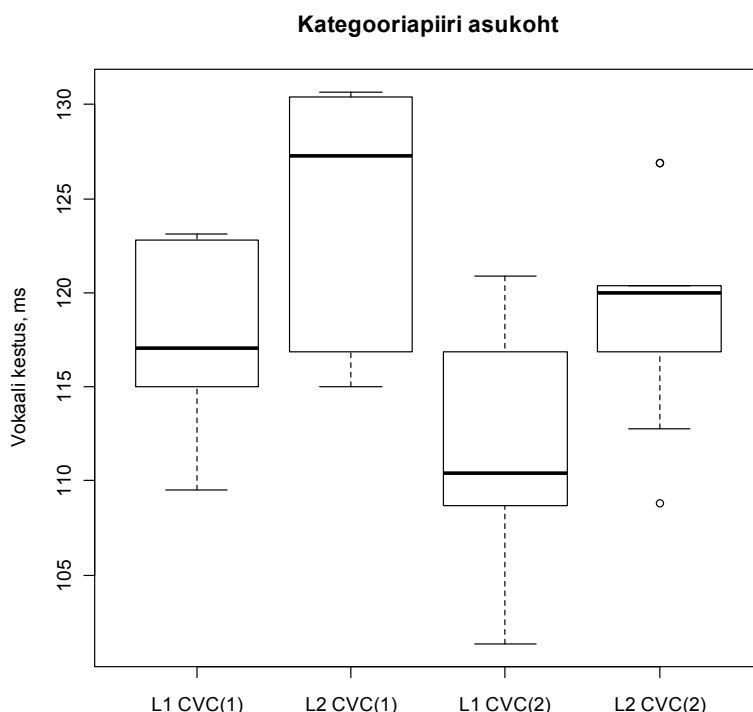
jadas oli L1 rühma ICC = 0,95 ja L2 rühma puhul ICC = 0,9; CVC(2) jadas oli mõlema rühma korrelatsioonikordaja võrdne: ICC = 0,91. Katsetulemustest selgus, et CVC-seerias ilmutab lühike/pikk kategooriapiir end väiksema vokaalikestuse korral võrrelduna V-seeriaga. Ootuspäraselt mõjutab ka alguskonsonandi kestus kategooriapiiri asukohta – lühema konsonandi kestusega stiimulijadas CVC(2) tajutakse kategooriapiiri varem kui pikema konsonandi kestusega jadas CVC(1), seda nii L1 kui ka L2 rühma puhul. Tajukõverad (vt joonis 19) ja kategooriapiiride asukohta (vt joonis 20) ning kategooriapiiri laiuse (vt joonis 21) karpdiagrammid illustreerivad L1 ja L2 rühmade tajuerinevusi CVC-seerias.



Joonis 19. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) rühmade keskmised tajuskoorid ja tajukõverad CVC-seeria stiimulijadades.

L1 keelejuhtide lühike/pikk kategooriapiir varieerus CVC(1) jadas 109,5 ms kuni 123,1 ms, olles keskmiselt 117,5 ms ($\sigma = 4,8$ ms); CVC(2) jadas vastavalt 101,3 kuni 120,9 ms, keskmiselt 111,6 ms ($\sigma = 5,9$ ms). L2 keelejuhtide individuaalne kategooriapiir esines CVC(1) jadas vahemikus 115 kuni 130,7 ms, olles keskmiselt 124,2 ms ($\sigma = 6,9$ ms); CVC(2) jadas vastavalt vahemikus 108,8 ms kuni 126,9 ms, keskmiselt 119,2 ms ($\sigma = 5,5$ ms) (vt joonis 20).

Kuigi kategooriapiiride asukohtade keskmised väärtused erinevad vähe, näitab ANOVA, et L1 ja L2 rühmade keskmiste erinevused on statistiliselt olulised mõlemas CVC stiimulijadas: CVC(1): $F(1,18) = 6,5$; $p < 0,05$ ja CVC(2): $F(1,18) = 8,7$; $p < 0,01$.



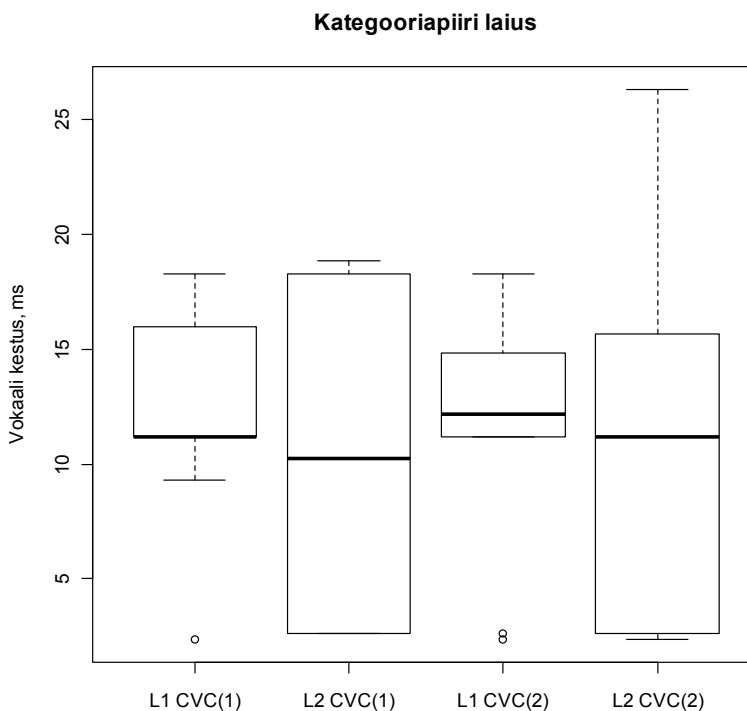
Joonis 20. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride asukoha karpdiagrammid CVC(1) ja CVC(2) jadades.

L1 ja L2 keelejuhtide lühike/pikk kategooriapiiri keskmised laiused osutusid lähedasteks mõlemas stiimulijadas, olles L2 rühmas isegi pisut väiksemad (laiuste hajuvus L2 rühmas on siiski suurem kui L1 rühmas, vt joonis 21):

L1: CVC(1) keskmine 12,1 ms ($\sigma = 4,7$ ms); CVC(2) keskmine 11,4 ms ($\sigma = 5,2$ ms);

L2: CVC(1) keskmine 10,5 ms ($\sigma = 6,6$ ms); CVC(2) keskmine 10,6 ms ($\sigma = 8,3$ ms).

Sama näeme ka jooniselt 19, kus L1 ja L2 rühma tajukõverad on peaaegu paralleelsed, aga ajateljel üksteise suhtes nihutatud (kategooriapiiride asukohad on erinevad). Ka piirilaiuste ANOVA kinnitab, et rühmadevahelised erinevused ei ole statistiliselt olulised: CVC(1): $F(1,18) = 0,4$; $p = 0,5$ ja CVC(2): $F(1,18) = 0,07$; $p = 0,8$.

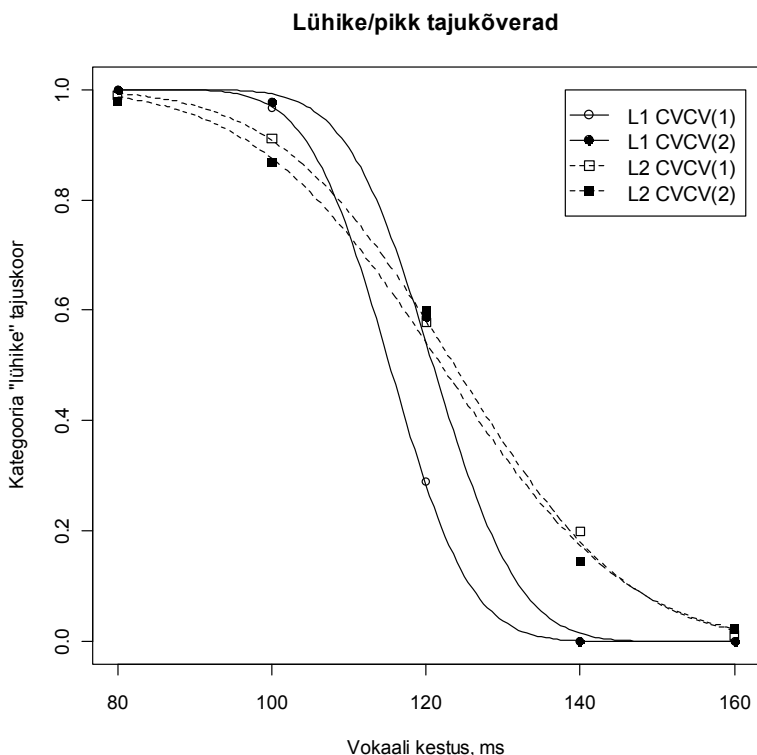


Joonis 21. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride laiuste karpdiagrammid CVC(1) ja CVC(2) jadas.

5.1.3.3. CVCV-seeria

Kõigi keelejuhtide tulemused näitasid kategooriaalse tajutuse efekti, rühmasisene korrelatsioonikordaja oli kõrgem L1 rühma puhul – CVCV(1) ICC = 0,9 ja CVCV(2) ICC = 0,89; L2 rühmas olid vastavad näitajad 0,8 ja 0,81. Lühike/pikk vokaalikategooria eristamisel CVCV-seerias ilmnemise L1 ja L2 rühma vahel olulised erinevused. L1 keelejuhtide jaoks oli siin eelkõige tegemist Q1 vs. Q2 kontrastiga, kus lisaks esisilbi vokaalikestuse muutusele andsid lisainformatsiooni ka muud vältetajutuse rolli mängivad tunnused – esi- ja järgsilbi kestussuhe (V1/V2), põhitooni kontuur CVCV(1) jadas ning rõhulise ja rõhuta silbi intensiivsuserinevused. Tänu põhitoonikontuuri olemasolule on ootuspärane, et L1 rühma kategooriapiir CVCV(1) jadas ilmneb väiksema vokaalikestuse juures, võrrelduna monotoonse CVCV(2) jadaga.

L2 keelejuhtide jaoks oli aga CVCV-seerias tegemist ainult vokaalikestuse muutusega, sest nende emakeele fonoloogiline süsteem ei sisalda eesti vältetele omaseid tajumustreid ja põhitooni kontuur ei anna lisainformatsiooni vältete eristamisel (nagu selgus Lippus jt (2009) uuringus). Seetõttu on ootuspärane, et L2 rühma kategooriapiirid kahes CVCV jadas oluliselt ei erine. CVCV-seeria tulemused on esitatud graafiliselt joonistel 22 kuni 24.



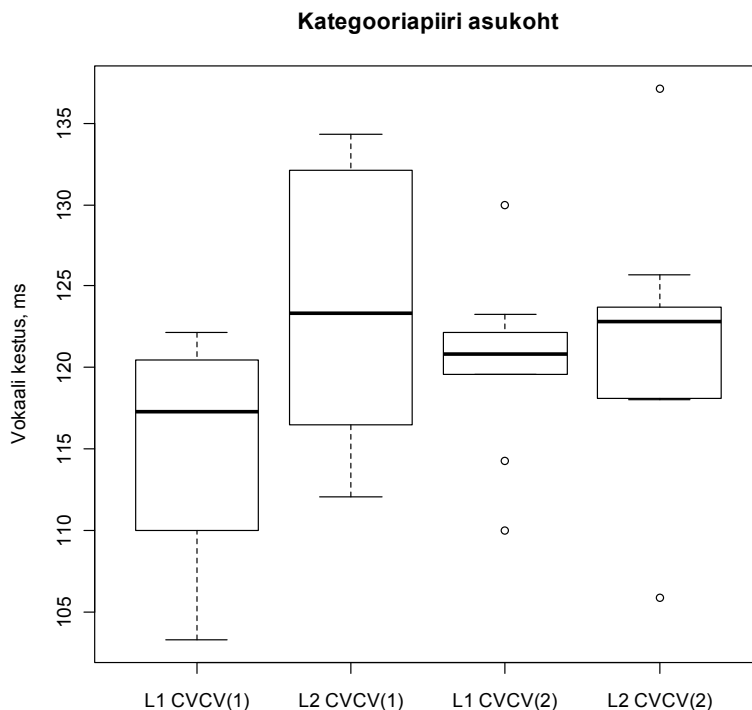
Joonis 22. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) rühmade keskmised tajukskoorid ja tajukõverad CVCV-seeria stiimulijadades.

Jooniselt 22 näeme, et L1 ja L2 rühma keskmised tajukõverad on väga erinevad – L1 rühma tajukõverad on järsemad (kategooriapiiri laius on väiksem, vt joonis 24) ja kategooriapiirid on väiksema vokaalikestuse juures (vt joonis 23), võrrelduna L2 rühmaga.

L1 keelejuhtide lühike/pikk kategooriapiir CVCV(1) jadas on vahemikus 103,2 ms kuni 122,2 ms, olles keskmiselt 114,6 ms ($\sigma = 7,1$ ms) ja CVCV(2) jadas vastavalt 110 kuni 130 ms, keskmiselt 120,2 ms ($\sigma = 5,3$ ms). CVCV(1) jada kategooriapiiri väiksem väärtus võrreldes CVCV(2) jadaga näitab põhi- toonikontuuri olulisust L1 kuulajate jaoks, kuigi kahe stiimulijada kategooriapiiride erinevus jääb ANOVA testis pisut alla statistilise olulisuse piiri $F(1,18) = 4,0$; $p = 0,06$ (nõrgalt oluline).

L2 keelejuhtide individuaalne kategooriapiir varieerus CVCV(1) jadas vahemikus 116,5 kuni 134,3 ms, olles keskmiselt 124,1 ms ($\sigma = 8,9$ ms) ja CVCV(2) jadas vahemikus 105,9 ms kuni 137,2 ms, keskmiselt 121,9 ms ($\sigma = 7,8$ ms). Põhitooni olemasolu CVCV(1) jadas ei osutunud L2 kuulajate jaoks abistavaks teguriks, pigem vastupidi – kategooriapiir CVCV(2) jadas on väiksem kui CVCV(1) jadas; see erinevus on marginaalne ja statistiliselt ebaoluline.

L1 ja L2 rühma kategooriapiiride asukohtade erinevused osutusid oluliseks ainult CVCV(1) jadas $F(1,18) = 7,0$; $p < 0,05$.



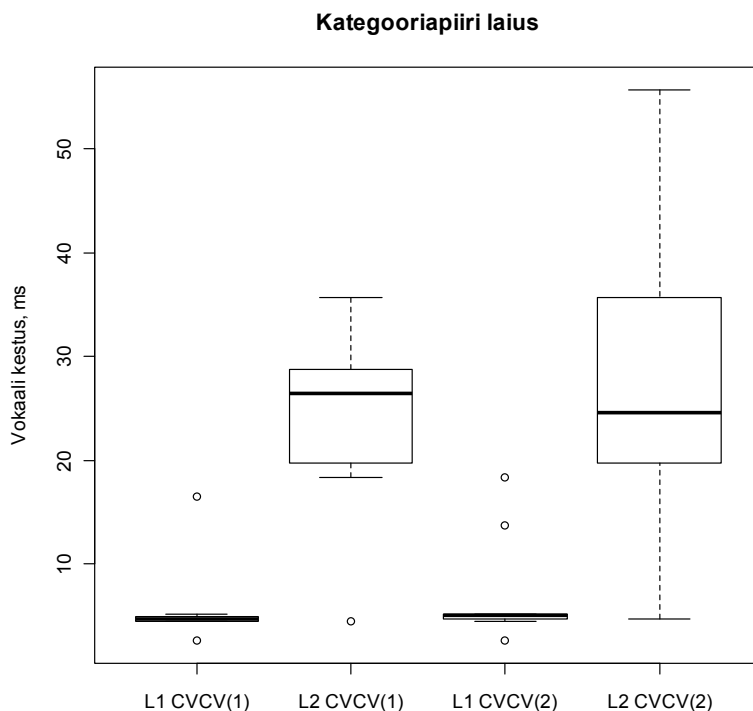
Joonis 23. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride asukoha karpdiagrammid CVCV(1) ja CVCV(2) jadades.

Kategooriapiiride laiuste erinevused kahes rühmas osutusid väga olulisteks (vt joonis 24):

L1: CVCV(1) keskmine 5,7 ms ($\sigma = 3,8$ ms); CVC(2) keskmine 6,9 ms ($\sigma = 5,0$ ms);

L2: CVC(1) keskmine 24,3 ms ($\sigma = 8,8$ ms); CVC(2) keskmine 27,0 ms ($\sigma = 14,1$ ms).

ANOVA näitas, et rühmadevahelised erinevused mõlemas stiimulijadas on statistiliselt eriti olulised: CVCV(1) jadas $F(1,18) = 37,74$; $p < 0,001$ ja CVCV(2) jadas $F(1,18) = 18,04$; $p < 0,001$. Piirilaiuste rühmasisesed erinevused CVCV(1) ja CVCV(2) jadades on marginaalsed ja statistiliselt ebaolulised.



Joonis 24. L1 ja L2 rühmade kategooriapiiride laiuste karpdiagrammid CVCV(1) ja CVCV(2) jadades.

5.1.4. Tulemuste arutelu

Tajukatsete eesmärgiks oli võrrelda L1 ja L2 keelejuhtide tajuerinevusi lühike vs. pikk vokaalikategooriate eristamisel kolmes kontekstis: isoleeritud vokaal V vs. VV, ühesilbiline CVC-struktuur CVC vs. CVVC ja kahesilbiline sõna CVCV vs. CVVCV. Tulemused näitasid, et L1 ja L2 keelejuhtide tajuerinevused ilmnescid kõigi katseseeriade puhul – L1 rühma lühike/pikk kategooriapiir esines alati väiksema vokaalikestuse juures võrreldes L2 rühmaga. Ka kategooriapiiri laiused olid valdavalt L1 rühmal väiksemad kui L2 rühmal, ainult CVC-seerias olid need praktiliselt võrdsed. Rühmasisesed korrelatsioonikordajad olid reeglina L1 rühmal veidi kõrgemad kui L2 rühma puhul. Katsetulemused on esitatud kokkuvõtvalt tabelis 13 ja joonisel 25.

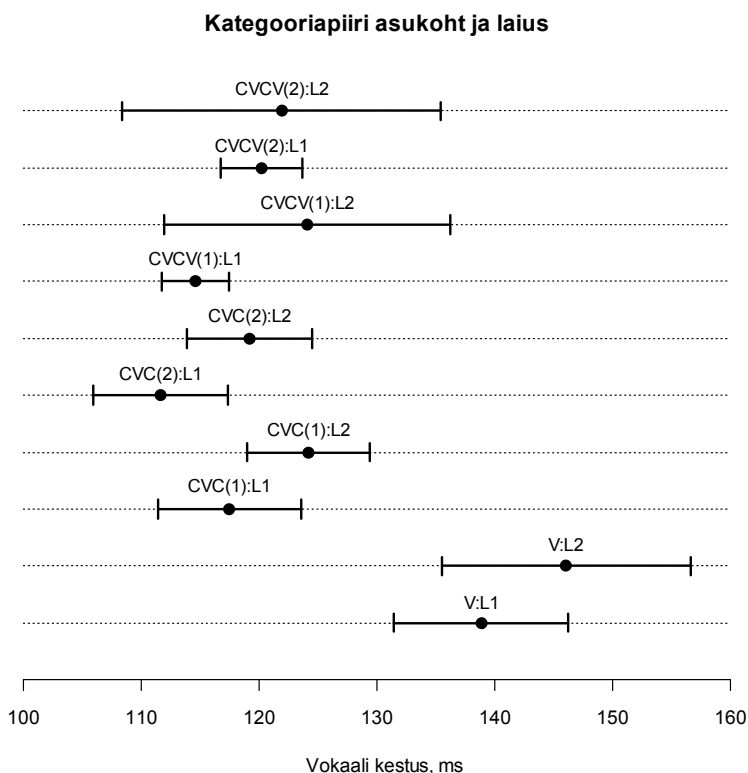
Tabel 13. L1 ja L2 rühma lühike/pikk kategooriapiiride asukohad ja laiused ning vastavad standardhälbed (σ) kõigis stiimulijadades.

	Kategooriapiiride asukoht ja laius (ms) stiimulijadades									
	V		CVC(1)		CVC(2)		CVCV(1)		CVCV(2)	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
Asukoht	138,9	146,0	117,5	124,2	111,6	119,2	114,6	124,1	120,2	121,9
Asukoha σ	6,2	6,8	4,8	6,9	5,9	5,5	7,1	8,9	5,3	7,8
Laius	14,8	21,2	12,1	10,5	11,4	10,6	5,7	24,3	6,9	27,0
Laiuse σ	4,9	7,4	4,7	6,6	5,2	8,3	3,8	8,8	5,0	14,1

L1 keelejuhtide puhul olid lühike/pikk kategooria eristamise aluseks emakeele fonoloogilisele süsteemile omased tajumustrid, mis rakendatuna erinevates foneetilistes kontekstides andsid tulemuseks erinevaid kategooriapiiri väärtusi. Väikseim lühike/pikk kategooriapiiri väärtus esines vokaalikestuse 111,6 ms juures CVC(2) stiimulijadas, kus alguskonsonandi kestus ($C1 = 80$ ms) vastas keskmisele kõnetempole; suurim kategooriapiiri väärtus 138,9 ms ilmnis aga isoleeritud vokaali korral.

Saadud tulemused on kooskõlas varasemate tulemustega:

- Eek ja Meister (2003) uurisid lühike/pikk kategooriapiiri sõltuvust kõnetempost CVC struktuurides ja leidsid, et kategooriapiirile vastav vokaalikestus on proportsionaalne alguskonsonandi kestusega: $C1 = 70$ ms puhul oli kategooriapiiriks stiimul kestusega 100 ms, $C1 = 100$ ms ja $C1 = 130$ ms korral oli kategooriapiiriks vastavalt 120 ms ja 140 ms;
- Lippus ja Pajusalu (2009) leidsid kahesilbilise CV(V)CV stiimuli rõhulise silbi vokaali kestust muutes, et lühike/pikk kategooriapiir on 115–130 ms sõltuvalt katsealuste murdetaustast.



Joonis 25. L1 ja L2 rühma kategooriapiiride asukohad (●) ja laiused (|—|) kõigis stiimulijadades.

L2 keelejuhtide jaoks oli lühike/pikk kategooria eristamise katse kindlasti keeruline ülesanne, sest vene keele fonoloogiline süsteem ei kasuta kestusparameetrit kontrastiivselt. Ometigi said nad ülesandega hästi hakkama ja tulemused näitasid kategooriaalse taju efekti (väljaarvatud üks erand V-seerias). Tõenäoliselt erines L2 keelejuhtide tajustrateegia L1 keelejuhtide omast, võimalikud L2 tajumehhanismide selgitused on järgmised:

- kuna L2 keelejuhtide fonoloogilises süsteemis kestuskategooriad puuduvad, siis nende taju pole mitte kategooriaalne vaid pidev, st stiimuleid eristatakse nende absoluutse kestuse alusel. Seetõttu ei pruugi L2 keelejuhtide katsetulemused kajastada tegelikku lühike/pikk kategooriapiiri (mida nende emakeeles ei olegi), vaid tegemist on loomuliku psühho-füsioloogilise „piiriga”, mille olemasolu on leitud ka tšintšiljadel (Kuhl, Miller 1978). Sarnase järelduse on teinud Hayes-Harb (2005), kes uuris, kuidas eristavad inglise emakeelega katseisikud jaapani keele kontrastiivse pikkusega konsonante. Hayes-Harb leidis, et jaapanlased tajuvad

muutuva kestusega konsonantide jada kategooriaalselt, jaapani keelt mitteoskavad inglased aga pidevalt;

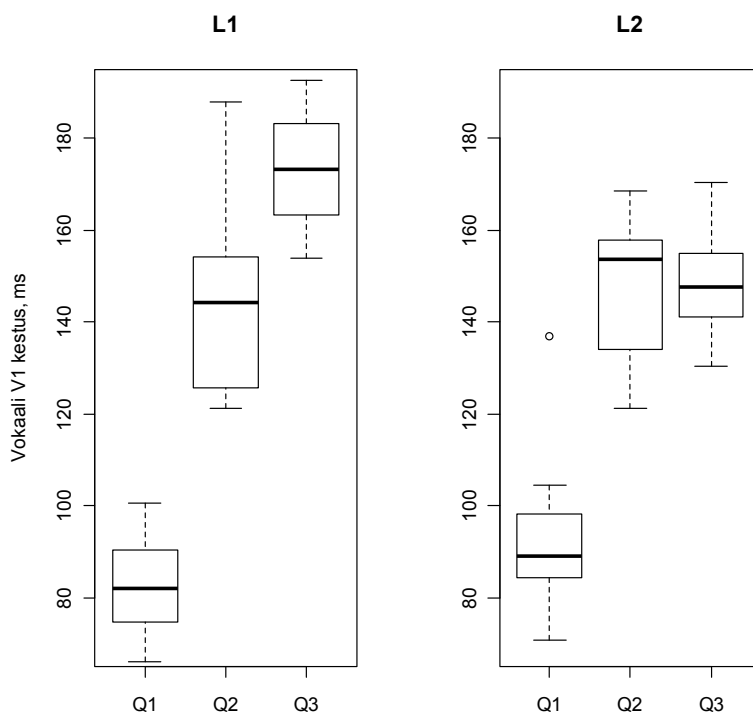
- vene keeles varieerub vokaalide kestus suurtes piirides sõltuvalt vokaali asukohast sõnarõhu suhtes. Eesti kestuskategooriate eristamisel võisid L2 keelejuhid kasutada lühikese kestuskategooria etalonina vene keele tüüpilise rõhulise vokaali kestust ja klassifitseerida pikaks vokaaliks need stiimulid, mille kestus ületas märgatavalt nende emakeelse rõhulise vokaali kestusetaloni. Sellise tõlgenduse pakuvad välja Ylinen jt (2005), kes uurisid vene emakeelega katsealuste soome keele kestuskategooriate tajut. Et käesolevas töös saadud tulemused on heas kooskõlas Ylinen jt (2005) tulemustega, siis võiks see tõlgendus kehtida ka eesti kestuskategooriate tajutulemuste kohta;
- et L2 keelejuhid alustasid eesti keele õppimist üsna varases eas ja suhtlevad eesti keeles igapäevaselt (vt tabel 5), siis on võimalik, et L2 keelejuhtide tulemused kajastavad lühike/pikk kategooriate õpitud tajumustreid. Kuigi Ylinen jt (2005) andmed näitavad, et vene emakeelega soome keele kõnelejate ja soome keelt mitteoskavate venelaste tajutulemused soome kestuskategooriate eristamisel oluliselt ei erinenud, st õppimiseefekti ei leitud, kinnitavad paljud uuringud adekvaatse hääldus- ja tajutreeningu rolli L2 tajukategooriate omandamisele (vt näiteks Bohn, Munro 2007; Piske, Young-Scholten 2009).

5.2. Vokaalikestuste akustiline analüüs

Järgnevalt võrdlen L1 ja L2 keelejuhtide esisilbi vokaalide kestusi kahe silbilistes Q1, Q2 ja Q3 sõnades (vt ptk 3.2), mis esindavad vokaalikeskse vältevastandusega struktuure CVCV, CVVCV ja CVV:CV. Kestuste mõõtmiseks kasutan Praati skripti, mis leiab sõna, silbi ja hääliku tasandil segmenteeritud sõnadest esisilbi vokaalide ja sõnade kestused. Kuna erinevate keelejuhtide kõnetempo on erinev, siis lisaks vokaalide absoluutse kestuse võrdlusele on otsustavaks võrrelda ka vokaalide normaliseeritud kestusi; need on arvutatud kui vokaali osakaal sõnas (st vokaali kestus on jagatud sõna kestusega). L1 ja L2 rühmade keskmised vokaalikestused on arvutatud eraldi erinevates CVCV struktuurides ja kestuserinevuste statistilise olulisuse hindamiseks on kasutatud ANOVA ja TukeyHSD-testi. Tulemused on esitatud tabelites 14 ja 15 ning joonistel 26 ja 27. Keskmiste vokaalikestuste alusel on leitud pikk/lühike kestussuhted (VV/V, VV:/V) L1 ja L2 rühmas.

Tabel 14. L1 ja L2 rühmade absoluutsed vokaalikestused (ms) ja standardhälbed (σ) Q1, Q2 ja Q3 sõnade rõhulistes silpides ning kestuserinevuste statistiline olulisus p (olulisusnivoo tähised: '***' $p < 0,001$, '**' $p < 0,01$, '*' $p < 0,05$).

	Q1		Q2		Q3		p		
	Keskm	σ	Keskm	σ	Keskm	σ	Q2-Q1	Q3-Q1	Q3-Q2
L1	82	10,8	144	20,5	174	12,7	***	***	**
L2	94	19,0	148	15,6	149	12,7	***	***	—
p_{L1-L2}	—		—		*				



Joonis 26. L1 ja L2 rühma esilbi vokaalikestuste karpdiagrammid Q1, Q2 ja Q3 sõnades.

L1 rühma esmavärtelistes sõnades varieerub esilbi vokaali kestus vahemikus 66–100 ms, olles keskmiselt 81,8 ms (mediaan 82,1 ms), L2 rühmas vastavalt vahemikus 71–137 ms ja keskmiselt 93,6 ms (mediaan 89,2 ms; kui üksik ekstreemne mõõtetulemus 137 ms välja jätta, siis on keskmine 88,2 ms ja mediaan 87,8 ms). Kuigi L2 keskmine vokaalikestus on pikem, ei ole L1 ja L2 rühma erinevus statistiliselt oluline ($p = 0,6$).

Vokaalikestused teisevältelistes sõnades erinevad L1 ja L2 rühmas vähe ning see erinevus pole statistiliselt oluline ($p = 0,99$). L1 rühmas varieerub vokaalikestus vahemikus 121–188 ms, keskmiselt 144 ms (mediaan 144,1 ms; kui üksik ekstreemne mõõtetulemus 188 ms välja arvata, siis saame L1 vokaali keskmiseks kestuseks 138,5 ms ja mediaanväärtuseks 141,3 ms). L2 rühmas on vokaalikestused valdavalt pikemad kui L1 rühmas ja esinevad vahemikus 121–168 ms, keskmiselt 148 ms (mediaan 153,5 ms).

Kolmandavältelistes sõnades on L1 ja L2 rühma vokaalikestuste erinevused statistiliselt olulised ($p < 0,05$). L1 rühmas varieeruvad need piirides 154–192 ms, keskmiselt 173,8 ms (mediaan 173,2 ms); L2 rühmas vastavalt 130–170 ms, keskmiselt 149,1 ms (mediaan 147,5 ms).

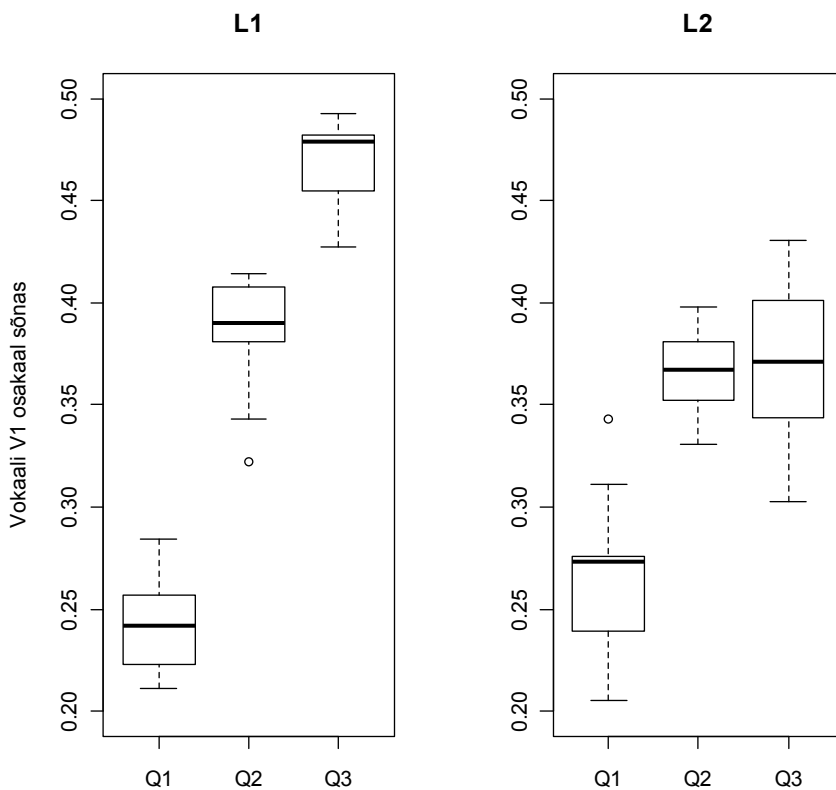
Võrreldes vokaalikestusi erinevates CVCV struktuurides näeme, et mõlema rühma puhul on lühikeste ja pikkade (Q1 vs. Q2 ja Q1 vs. Q3) vokaalide kestuserinevused märkimisväärsed ja statistiliselt olulised ($p < 0,001$). Silmatorkav erinevus L1 ja L2 rühmas on aga pikkade vokaalide kestuses Q2 ja Q3 sõnades – kui L1 rühmas on Q3 vokaalikestused oluliselt pikemad kui Q2 puhul (173,8 ms vs. 144 ms; $p < 0,01$), siis L2 rühma Q3 vokaalikestused on praktiliselt võrdsed Q2 vokaalikestustega (149,1 ms vs. 148 ms; $p = 1$).

Vokaalikestused sõltuvad otseselt kõnetempost, mis lisaks kõnelejale omasele keskmisele kõnetempole võib muutuda ka lokaalselt lause piirides. Seetõttu varieeruvad absoluutsed vokaalikestused üsna suurtes piirides ja võib esineda ka üksikuid ekstreemseid vokaalikestusi, mis hälbivad oluliselt tüüpilistest (keskmistest) väärtustest (nagu nägime eespool mõlema rühma puhul). Kuid võttes arvesse lokaalset kõnetempot võib ekstreemse kestusega vokaal olla adekvaatses proportsioonis teiste häälikutega antud sõnas. Seetõttu on otsustav kasutada erinevate CVCV struktuuride ja rühmade võrdlemisel vokaalide normaliseeritud kestusi, mis on arvutatud kui vokaali osakaal sõnas.

Jooniste 26 ja 27 võrdlemisel näeme, et vokaalikestuste proportsioonid L1 ja L2 rühmades ning erivältelistes sõnades on üldjoontes samad. Ka normaliseeritud vokaalikestuste alusel on L1 ja L2 rühma kestuserinevused Q1 ja Q2 sõnades väikesed ja statistiliselt ebaolulised (Q1: $p = 0,54$; Q2: $p = 0,78$). Q3 sõnade normaliseeritud vokaalikestused kahes rühmas erinevad vägagi oluliselt (L1 keskmine kestus 0,47, L2 puhul 0,37; $p < 0,001$).

Tabel 15. L1 ja L2 rühmade normaliseeritud vokaalikestused (ms) ja standardhälbed (σ) Q1, Q2 ja Q3 sõnade rõhulistes silpides ja kestuserinevuste statistiline olulisus p (olulisusnivoo tähised: ‘****’ $p < 0,001$).

	Q1		Q2		Q3		p		
	Keskm	σ	Keskm	σ	Keskm	σ	Q2-Q1	Q3-Q1	Q3-Q2
L1	0,24	0,027	0,38	0,032	0,47	0,022	***	***	***
L2	0,27	0,041	0,36	0,023	0,37	0,041	***	***	—
p_{L1-L2}	—		—		***				



Joonis 27. L1 ja L2 rühma esisilbi vokaalide suhteliste kestuste (osakaal sõnas) karpdiagrammid Q1, Q2 ja Q3 sõnades.

Normaliseeritud vokaalikestuste võrdlus erinevates CVCV struktuurides näitab üldjoontes samu erinevusi, mis absoluutkestuste võrdlus. L1 rühmas tuleb selgemalt esile kestuserinevus Q2 ja Q3 struktuurides, olles võrdselt oluline kestuserinevustega lühike/pikk vastanduse puhul ($p < 0,001$ kõigi kolme vältevastanduse puhul). Ka L2 rühmas säilib sama muster – Q1 vs. Q2 ja Q1 vs. Q3 võrdlustes on kestuserinevused statistiliselt väga olulised ($p < 0,001$), kuid Q2 ja Q3 normaliseeritud vokaalikestused on praktiliselt samad ($p = 1$).

Iseloomustamaks lühike vs. pikk vastanduse realiseerimist kõneproduktioonis on L1 ja L2 rühma keskmiste kestuste põhjal arvutatud vokaalide kestussuhted VV/V ja VV:/V (vt tabel 16); need on veidi erinevad arvatuna absoluut- ja normaliseeritud kestuste alusel. L1 rühma pikk/lühike kestussuhe on Q3/Q1 puhul ootuspäraselt suurem kui Q2/Q1 puhul, vastavalt 1,8 ja 2,1 (absoluutsete kestuste alusel), need on lähedased varasematest uurimistulemustest (absoluutkestuste alusel) arvutatud kestussuhetele (vrd tabel 4). L2 rühma pikk/lühike kestussuhted Q3/Q1 ja Q2/Q1 on võrdsed ning väiksemad L1 rühma näitajatest. L1 ja L2 rühma kestussuhete võrdlusest võib järeldada, et L1

kõnes on lühikese ja pika fonoloogilise kategooria vastandus paremini esile toodud ja seega paremini tajutav kui L2 kõnes, kuid ka L2 kestussuhe peaks olema piisav lühike/pikk kategooriate eristamiseks.

Tabel 16. L1 ja L2 rühmade pikk/lühike rõhuliste vokaalide kestussuhted absoluutsete ja normaliseeritud vokaalikestuste alusel.

	VV/V		VV:/V	
	Abs	Norm	Abs	Norm
L1	1,8	1,6	2,1	1,9
L2	1,6	1,4	1,6	1,4

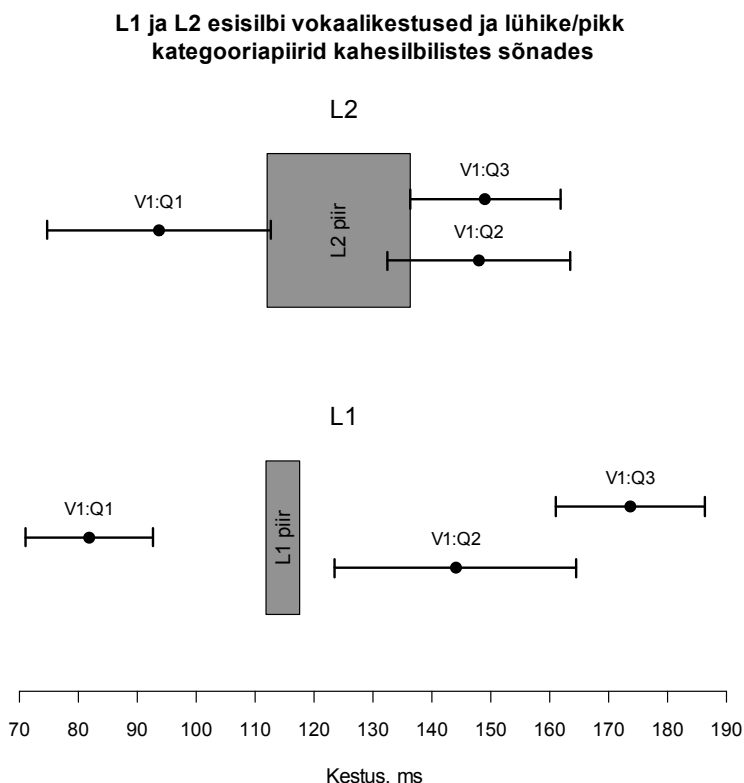
L1 ja L2 häälduserinevused tulenevad tõenäoselt kestuse erinevast rollist kahes võrdlusalus keeles. Vene keeles ei esine kestusel baseeruvat kõnesegmentide vastandust, küll aga on vokaali kestus sõnarõhu peamiseks tunnuseks – rõhulises silbis on vokaalide kestus 1,5 kuni 2 korda pikem võrreldes rõhutu silbiga (Bondarko 1998). Seetõttu on ootuspärane, et L2 keelejuhid kasutavad rõhu väljendamiseks oma emakeelset rõhumustrit ka eesti keele puhul ja hääldavad eesti keele rõhulisi lühikesi vokaale pikemalt.

Eesti pikkade vokaalide tarvis puudub L2 keelejuhtidel emakeelne muster, kuid tõenäoliselt on nende hääldamisel taas abiks vene keele rõhumustriga seonduv vokaalikestus ja üldise kõnetaju mehhanism, mille kohaselt peavad kahe signaali kestuserinevuse tajumiseks nende kestused erinema vähemalt 10–20% (Creelman 1962; Klatt 1976). Võib oletada, et pika vokaali hääldamisel lähtuvad L2 kõnelejad emakeelse rõhulise vokaali kestusest ja pikendavad seda umbes poole võrra, mis peaks tagama piisava kuuldelise eristatuse.

5.3. Vokaalikestuste võrdlus tajukatsete tulemustega

Q1 ja Q2 sõnadest mõõdetud vokaalikestusi on kõige sobivam võrrelda tajukatse CVCV(1) seeria (Q1 vs. Q2 kontrasti sisaldava seeria stiimulite põhi- toonikontuur matkis loomuliku kõne F0 kontuuri) tulemustega. Akustilise analüüsi tulemused näitasid, et L2 kõnes on nii lühikese kui pika rõhulise vokaali absoluutkestus keskmiselt pikem kui L1 kõnes – Q1 sõnades L2_V = 93,6 ms ja L1_V = 81,8 ms; Q2 sõnades L2_VV = 148 ms ja L1_VV = 144 ms (normaliseeritud kestuste puhul on pika vokaali kestus suurem L1 kõnes). Lühikese vokaali kestuste vahe kahes rühmas on küll väike ja statistiliselt ebaoluline, kuid see on kooskõlas tajukatse tulemustega, kus kõigi katseseeriade puhul oli lühike/pikk kategooriapiir L2 rühmas suurema kestuse juures võrreldes L1 kategooriapiiriga. L1 rühma kategooriapiir CVCV(1) seerias on 114,6 ms ja L2 rühma puhul 124,1 ms ning kategooriapiiride laiused vastavalt 5,7 ms ja 24,3 ms (L1-L2 erinevus on statistiliselt oluline). Kokkuvõtva illustratsioonina on

joonisel 28 graafiliselt esitatud L1 ja L2 kõnest mõõdetud CVCV struktuuride esisilbi vokaalikestused (vt tabel 14) ja tajukatsel leitud kategooriapiirid (vt tabel 13). Sellelt näeme, et L1 rühma puhul jäävad Q1 sõnades mõõdetud esisilbi vokaalikestuste variatsioonid kindlalt allapoole lühike/pikk kategooriapiiri ja Q2 ning veelgi enam Q3 sõnades mõõdetud vokaalikestused ületavad selle piisava varuga, seega on lühike/pikk kestuskategooriate kuuldeline eristamine L1 kõnes kindlalt tagatud. L2 rühma häälduses on lühike/pikk kategooria kestuserinevused väiksemad – Q1 esisilbi vokaalikestused jäävad küll valdavalt allapoole lühike/pikk kategooriapiiri ja Q2 ning Q3 sõnades mõõdetud vokaalikestused ületavad selle napilt. Siiski võivad L2 vokaalide kestusvariatsioonid Q1 sõnades ületada lühike/pikk kategooriapiiri ja L1 kõnelejad võivad identifitseerida neid kui pikki vokaale ning seetõttu tajuda ka vastavaid sõnu teisevältestena. Ka pikk/lühike vokaalide kestussuhe (vt tabel 16) osutab, et lühike/pikk kestuskategooriate kuuldeline eristamine on L1 kõnes paremini tagatud kui L2 kõnes.



Joonis 28. L1 ja L2 rühma esisilbi vokaalide keskmised kestused (●) ja standardhälbed (|—|) Q1, Q2 ja Q3 sõnades ja lühike/pikk kategooriapiirid (halli tooni kastid, kasti laius vastab piiriala laiusele).

Lühike/pikk kategooria taju ja häälduse peatüki lõpetuseks käsitleme selles esitatud tulemusi desensibiliseerimise (Bohn 1995) ja tunnuse (McAllister jt 2002) hüpoteesidest lähtudes.

Esimese hüpoteesi kohaselt on kestus kuuldeliselt hästi tajutav akustiline tunnus, sõltumata sellest, kas kõneleja emakeel on kvantiteedikeel või mitte. Teine hüpotees aga väidab, et sihtkeele kestuskategooriate taju sõltub kestuse rollist emakeeles ja kui emakeele fonoloogiline süsteem ei kasuta kestust kontrastiivselt, siis võib eeldada raskusi sihtkeele kestuskategooriate omandamisel. Et L2 keelejuhid said küllalt hästi hakkama lühike/pikk vastanduste eristamisega nii tajus kui ka häälduses, siis näivad tulemused toetavat peamiselt esimest hüpoteesi, aga ei lükka ümber ka teist. Desensibiliseerimise hüpoteesist lähtudes on eesti keele kestusvastandused L2 kuulajale lihtsalt tajutavad, nagu eeltoodud tulemused näitasidki. Tunnuse hüpoteesi puhul on ilmne, et vene keel ei kasuta kestust kontrastiivselt ja L2 keelejuhid ei saa toetuda vastavale emakeelsele mustriks, kuid kestuse variatiivsus suurtes piirides seondub rõhuga võib olla hõlbustavaks teguriks L2 kestusvastanduste eristamisel. Teisest küljest ei ole kumbki hüpotees otseselt kohane eesti keele kestusvastanduste L2 tajumehhanismide tõlgendamiseks. Mõlemad hüpoteesid toetuvad L2 tajueksperimentide tulemustele keeltes, kus vokaalikategooriad eristuvad nii spektraalsete tunnuste kui ka kestuse alusel (inglise ja rootsi). Eesti lühike/pikk vokaalikategooriate eristamine baseerub aga ainult kestusel ja vokaalide spektraalsed tunnused ei mängi rolli lühike/pikk kategooriate tajus.

Küsimusele, milliseid tajumehhanisme L2 keelejuhid eesti kestusvastanduste eristamisel ja hääldamisel kasutasid, saadud tulemused ammendavat vastust ei võimalda anda – tõenäoliselt on tegemist kombinatsiooniga erinevatest mehhanismidest.

6. VÄLDETE TAJU JA HÄÄLDUS

Üldise konsensuse kohaselt käsitletakse eesti välteid kahesilbiliste prosoodiliste üksustena, mis vastanduvad rõhulise ja rõhuta silbi kestusmallide, põhitooni-kontuuri ning intensiivsuse alusel. Traditsioonilise vältekäsitluse (Lehiste 1960; Liiv 1961) järgi eristuvad välted rõhulise ja rõhuta silbi tüüpiliste kestussuhete põhjal järgmiselt: Q1 – 2:3, Q2 – 3:2 ja Q3 – 2:1. Samasuguseid kestussuhete väärtusi on leitud mitmetes hilisemates uuringutes (vt tabel 4). Traunmülleri ja Krulli (2003) väitel ei toeta tajukatsete andmed silpide kestussuhtel põhinevat vältekäsitlust, alternatiivina on nad välja pakkunud hüpoteesi, et vältevastandused on määratud segmendikestustega, mida mõõdab lokaalse kõnetempoga kohanduv sisemine kell. Taktisestest naaberhäälikute kestussuhtel baseeruva vältekäsitluse on esitanud ka Eek ja Meister (2003).

Eesti emakeelega keelejuhtide jaoks on välted loomulik osa emakeele fonoloogilisest süsteemist. Lastekeele arengu uuringud on näidanud, et eestikeelses peres kasvavad lapsed omandavad vältevaheldusmallid väga varakult – välteopositsioonid esinesid vaadeldud laste kõnes juba premorfoloogilisel perioodil, mil käändelõpud ja muud muutetunnused ei olnud veel omandatud (Argus 2008). L2 keelejuhtide jaoks on tegemist uue nähtusega, millel puudub analoogia vene keele fonoloogilises süsteemis.

6.1. Väldete tajus

6.1.1. Eesmärk

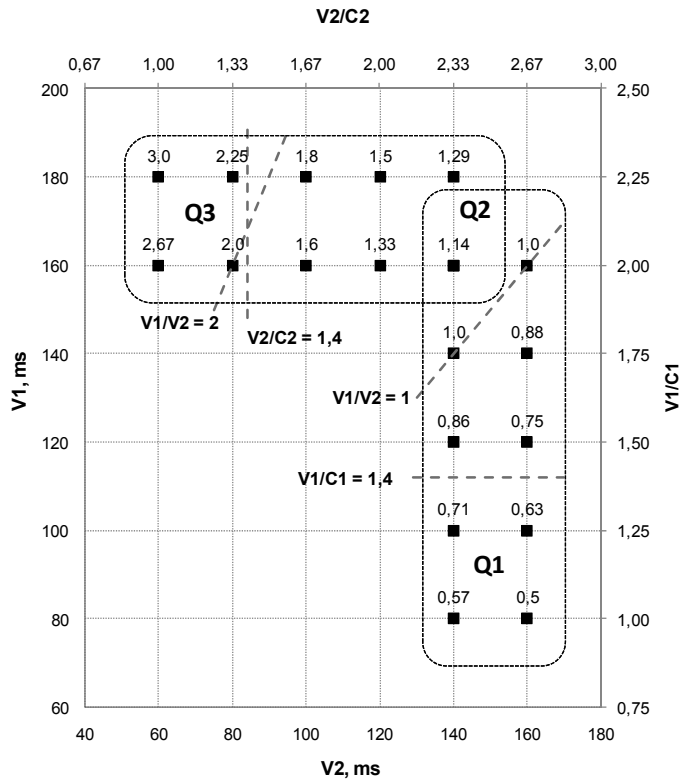
Vältetaju katsete eesmärgiks on võrrelda L1 ja L2 keelejuhte vältevastanduste Q1 vs. Q2 ja Q2 vs. Q3 eristamisel ning selgitada erinevate akustiliste tunnuste (V1 ja V2 kestused, F0 kontuur) rolli väldete tajumisel. Kalvik ja Mihkla (2010) on näidanud, et traditsiooniline silpide kestussuhtel baseeruv vältemudel (Lehiste 1960) töötab paremini kui naaberhäälikute kestussuhete mudel (Eek, Meister 2003). Seetõttu lähtun vältetaju katsete kavandamisel ja tulemuste hindamisel eelkõige traditsioonilisest mudelist, kuid esitan andmeid ka naaberhäälikute kestussuhetena.

Võib eeldada, et L1 rühma tulemused ei erine oluliselt varasemate vältetaju eksperimentide tulemustest (nt Eek, Meister 2003; Lippus jt 2009, 2011), st lisaks esi- ja järgsilbi vokaalide kestusele on oluline ka F0 kontuuri roll. L1 rühma hüpoteetilised kategooriapiirid on esitatud joonisel 29.

L2 rühma puhul võib prognoosida, et Q1 vs. Q2 eristamisel on tulemused lähedased L1 rühma tulemustega (nagu näitasid lühike vs. pikk tajukatsed, vt ptk 5). Q2 vs. Q3 katsetes võib aga oodata kahe rühma tulemustes suuri erinevusi, tingituna eelkõige põhitooni erinevast rollist L1 ja L2 tajus.

6.1.2. Stiimulid ja katse korraldus

Stiimulikorpuse lähtematerjaliks on meeskõneleja Q2-na hääldatud sõna *saada*, mille vokaalikestuste ja põhitoonikontuuri muutmisel on saadud Q1 sõna *sada* ja Q3 sõna *saada*. Erinevaid häälikuid on modifitseeritud järgmiselt: konsonantide kestused kõigis stiimulites on fikseeritud konstantsetena, vastavalt $C1 = 80$ ms ja $C2 = 60$ ms; vokaalikestusi on muudetud 20 ms sammuga V1 puhul vahemikus 80 kuni 200 ms ja V2 puhul 60 kuni 160 ms. Stiimulijada sisaldab kokku 20 stiimulit ja nende paigutus V1 vs. V2 teljestikus on esitatud joonisel 29.



Joonis 29. CVCV-stiimulite esimese ja teise silbi vokaalide absoluutkestused V2 vs. V1 teljestikus (■) ja stiimulite V1/V2 kestussuhted; lisatelgedel on esitatud stiimulite kestussuhted V1/C1 ja V2/C2. Q1–Q2 ja Q2–Q3 stiimulid on piiratud punktiirjoones kastidega, kaldjoon kasti sees tähistab vastavalt Q1 vs. Q2 ja Q2 vs. Q3 kategooriapiire V1/V2 kestussuhte järgi. Vertikaalne ja horisontaalne kriipsjoon tähistavad Q1 vs. Q2 ja Q2 vs. Q3 kategooriapiire naaberhäälikute kestussuhte alusel ($V1/C1 = 1,4$; $V2/C2 = 1,4$).

Stiimulid on jaotatud kahte osaliselt kattuvasse alamhulka:

- (1) Q1 vs. Q2 stiimulite (vertikaalne punktiirjoones ristkülik joonisel 29) puhul on V1 kestust muudetud vahemikus 80 kuni 180 ms ja kahe V2 kestuse – 140 ja 160 ms – korral, mõlemal juhul on kestuse sammuks 20 ms. Nende stiimulite puhul varieerub V1/V2 suhe vahemikus 0,5 kuni 1,14; sellesse vahemikku jääb eeldatavasti Q1 vs. Q2 kategooriapiirile vastav V1/V2 kestussuhe (vt tabel 4, Q1 puhul on $V1/V2 < 1$; joonisel 29 on oletatav Q1/Q2 piir esitatud kriipsjoonega). V1/C1 kestussuhte järgi on Q1/Q2 piir $V1/C1 < 1,4$ (piir on esitatud joonisel 29 horisontaalse kriipsjoonega). Selle alamhulga stiimulitest genereeriti kaks katseseeriat – esimeses seerias matkib põhitooni sagedus Q1-le ja Q2-le tüüpilist kontuuri, st esisilbi vokaali alguses on $F0 = 130$ Hz tõustes ühtlaselt vokaali kestel 160 Hz-ni, teise silbi vokaali alguses on $F0 = 130$ Hz ja langeb ühtlaselt V2 kestel 100 Hz-ni; teises seerias on põhitooni kontuur monotoonne $F0 = 130$ Hz. Stiimulite arv kahes katseseerias kokku on 20.
- (2) Q2 vs. Q3 stiimulite (horisontaalne punktiirjoones ristkülik joonisel 29) korral on valitud V1 kestuseks 160 ja 180 ms ning V2 kestus muudetakse 20 ms kaupa vahemikus 60 kuni 140 ms. Stiimulite V1/V2 kestussuhe varieerub vahemikus 1,14 kuni 3,0 ja oletatav Q2/Q3 piir (esitatud joonisel kriipsjoonega) on $V1/V2 = 2$ ümbruses (tüüpilised kestussuhted on vastavalt $Q2 = 1,6$ ja $Q3 = 2,8$). Naaberhäälikute kestussuhete kohaselt on Q2 ja Q3 puhul esisilbi häälikute kestussuhe $V1/C1 \geq 1,4$ ning Q2 vs. Q3 eristumine toimub suhte $V2/C2$ alusel: Q2 puhul on $V2/C2 > 1,4$ ja Q3 puhul $V2/C2 \leq 1,4$; vastav kategooriapiir on esitatud joonisel 29 vertikaalse kriipsjoonega. Teise alamhulga stiimulitest valmistati neli katseseeriat (kokku 40 stiimulit):
 - (a) $F0$ on monotoonne ($F0 = 130$ Hz),
 - (b) Q2-le omase $F0$ kontuuriga (vt kirjeldus eelmises punktis),
 - (c) Q3-le tüüpilise $F0$ kontuuriga (V1 alguses $F0 = 130$ Hz, tõuseb vokaali esimese kolmandiku jooksul 160 Hz-ni ja langeb edasi vokaali lõpuni taas 130 Hz-ni; V2 alguses on $F0 = 130$ Hz ja langeb V2 kestel 100 Hz-ni),
 - (d) $F0$ sagedus V1 alguses on 130 Hz, tõuseb maksimumväärtuseni 160 Hz ja langeb V1 lõpuks 130 Hz-ni, kusjuures $F0$ harja asukohta muudetakse sammhaaval V1 piires sõltuvalt V2 kestusest ($V2 = 60$ ms, $F0 \text{ hari} = 0,2 \times V1$; $V2 = 80$ ms, $F0 \text{ hari} = 0,35 \times V1$; $V2 = 100$ ms, $F0 \text{ hari} = 0,5 \times V1$; $V2 = 120$ ms, $F0 \text{ hari} = 0,65 \times V1$; $V2 = 140$ ms, $F0 \text{ hari} = 0,8 \times V1$). Sisuliselt on viimase jada puhul tegemist stiimulitega, milles V1/V2 kestussuhe ja $F0$ kontuur muutuvad koos, liikudes Q2-le omastest väärtustest Q3-le omaste väärtusteni.

Tajukatseteks kasutasin Praati eksperimendikeskkonda. Katsed olid korraldatud seeriates kaupa järgmises järjekorras:

- katse 1 – Q1 vs. Q2 (põhitooni kontuur vastab Q1(Q2) kontuurile),

- katse 2 – Q1 vs. Q2 (põhitooni kontuur monotoonne),
- katse 3 – Q2 vs. Q3 (põhitooni kontuur monotoonne),
- katse 4 – Q2 vs. Q3 (põhitooni kontuur vastab Q2 kontuurile),
- katse 5 – Q2 vs. Q3 (põhitooni kontuur vastab Q3 kontuurile),
- katse 6 – Q2 vs. Q3 (põhitooni hari liikuv Q2 → Q3).

Kõik stiimulid kordusid katseseerias juhuslikus järjekorras kolm korda, need esitati katseisikutele läbi kuularite. Kahes esimeses katses pidid katseisikud otsustama, kas kuulnud stiimul on esimeses või teises vältes, järgnevas neljas katses aga, kas kuulnud stiimul on teises või kolmandas vältes, klikkides ühele kahest võimalikust vastusevariandist arvutiekraanil. Katses 1 ja 2 olid vastusevariandid tähistatud kui „SADA (Q1)” ja „SAADA (Q2)”, katsetes 3–6 aga „SAADA (Q2)” ja „SAADA (Q3)”. Abistava informatsioonina esitati ekraanil kaks lauset ja katseisikuid instrueeriti kujutlema, millisesse lausesse kuulnud sõna paremini sobib. Katses 1 ja 2 kuvati laused:

Pilet maksab SADA (Q1) krooni.

Palun SAADA (Q2) mulle koopia.

Katsete 3–6 laused olid järgmised:

Palun SAADA (Q2) mulle koopia.

Tahan SAADA (Q3) näitlejaks.

Katsed toimusid müravabas ruumis, kokku esitati igale katseisikule 180 stiimulit; katseseeriate vahel võis katseisik vajadusel teha väikese pausi. Katsete kestus oli kokku ca 20–25 minutit.

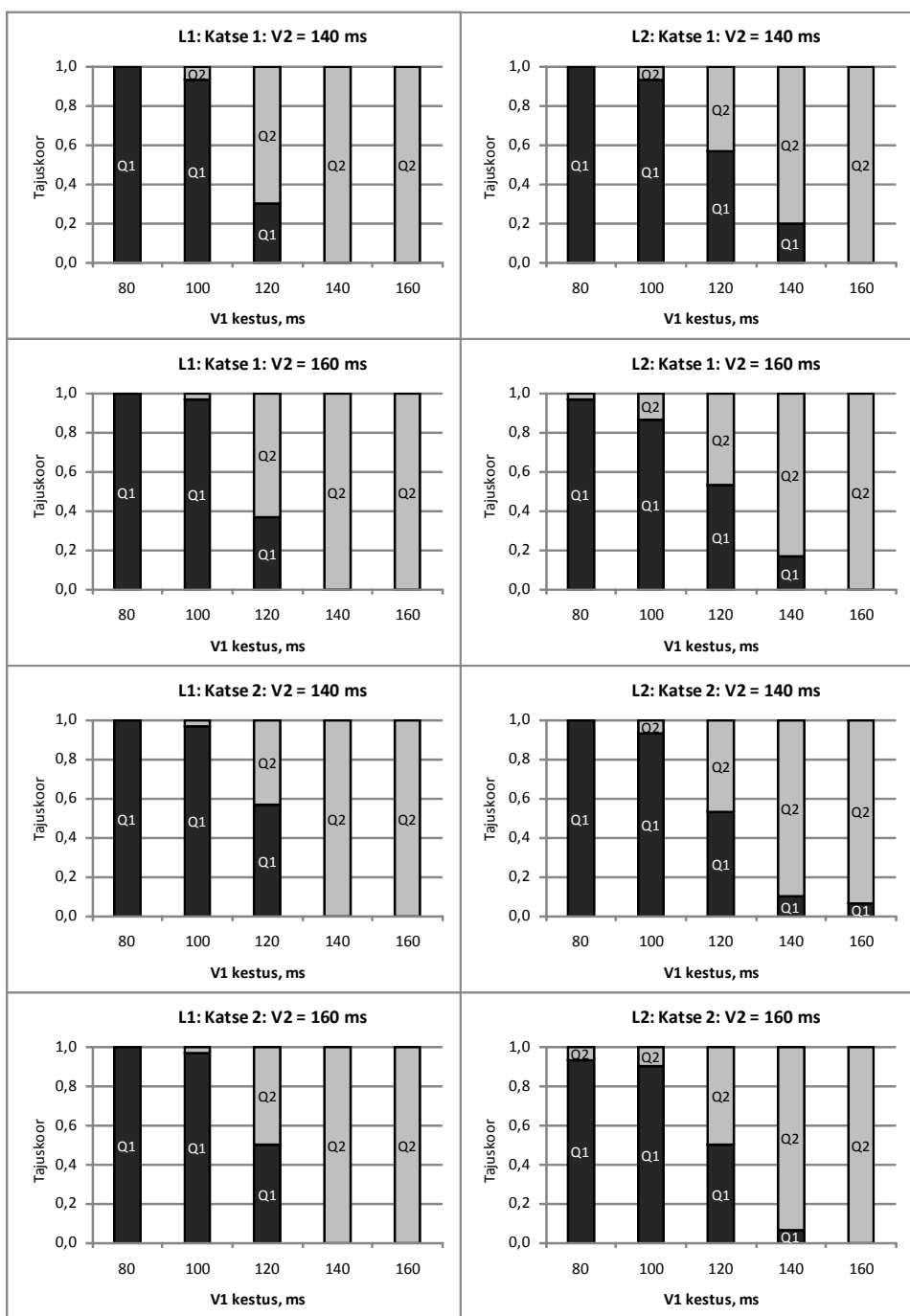
6.1.3. Tulemused

6.1.3.1. Q1 vs. Q2 (katsed 1–2)

Kahe esimese katse puhul oli tegemist Q1 vs. Q2 vastandusega, kusjuures esimeses katses matkis põhitooni sagedus Q1-le ja Q2-le tüüpilist kontuuri, teises katses oli põhitooni sagedus muutumatu. Mõlemas katses olid keelejuhtide vastused süstemaatilised, rühmasisene korrelatsioonikordaja (ICC) oli kõrgem L1 rühma puhul, vastavalt 0,87 ja 0,88 esimeses ja teises katses, L2 rühma puhul aga vastavalt 0,82 ja 0,83. Katse 1 ja 2 stiimulite tajuskooridest näeme (vt tabel 17 ja joonis 30), et L1 ja L2 tajuskoorid näitavad kategooriaalse taju efekti sõltuvalt esisilbi vokaali (V1) kestusest – kui V1 = 80 ja 100 ms, tajutakse stiimulit valdavalt esmavärtelisena, kui V1 = 140 ja 160 ms, tajutakse stiimulit valdavalt teisevärtelisena; stiimuli V1 = 120 ms tajuskoor kõigub eri stiimulijadades vahemikus 0,3 kuni 0,57, Q1 vs. Q2 kategooriapiir paikneb selle stiimuli ümbruses.

Tabel 17. L1 ja L2 rühma keskmised Q1 tajuskoorid ja standardhälbed (σ) katse 1 ja katse 2 stiimulijadades (V1 ja V2 kestused millisekundites; $p(L1-L2)$ – L1 ja L2 tajuskooride erinevuste statistiline olulisus: ‘*’ $p < 0,05$, ‘.’ $p < 0,1$).

Katse	V2	V1	V1/V2	L1		L2		p (L1-L2)
				Q1 tajuskoor	σ	Q1 tajuskoor	σ	
1	140	80	0,57	1,00	0,000	1,00	0,000	.
		100	0,71	0,93	0,141	0,93	0,141	
		120	0,86	0,30	0,367	0,57	0,353	
		140	1,00	0,00	0,000	0,20	0,233	
		160	1,14	0,00	0,000	0,00	0,000	
	160	80	0,50	1,00	0,000	0,97	0,105	*
		100	0,63	0,97	0,105	0,87	0,172	
		120	0,75	0,37	0,399	0,53	0,281	
		140	0,88	0,00	0,000	0,17	0,176	
		160	1,00	0,00	0,000	0,00	0,000	
2	140	80	0,57	1,00	0,000	1,00	0,000	.
		100	0,71	0,97	0,105	0,93	0,141	
		120	0,86	0,57	0,387	0,53	0,281	
		140	1,00	0,00	0,000	0,10	0,161	
		160	1,14	0,00	0,000	0,07	0,141	
	160	80	0,50	1,00	0,000	0,93	0,105	
		100	0,63	0,97	0,105	0,90	0,225	
		120	0,75	0,50	0,324	0,50	0,324	
		140	0,88	0,00	0,000	0,07	0,141	
		160	1,00	0,00	0,000	0,00	0,000	



Joonis 30. L1 (vasakul) ja L2 (paremal) rühma keskmised Q1 (must) ja Q2 (hall) tajuskoorid kahes katses kahe erineva V2 kestuse korral.

Tabel 18. Tajuskooride ANOVA katsete 1 ja 2 stiimuliseeriates (sõltumatud faktorid Rühm ja V1 kestus).

Katse	Seeria	Faktor	F	p
1	V2 = 140	Rühm	F(1, 90) = 6,2	< 0,05 *
		V1	F(4, 90) = 120,7	< 0,001 ***
		Rühm * V1	F(4, 90) = 2,4	< 0,1 .
	V2 = 160	Rühm	F(1, 90) = 1,2	0,3
		V1	F(4, 90) = 129,7	< 0,001 ***
		Rühm * V1	F(4, 90) = 2,3	< 0,1 .
2	V2 = 140	Rühm	F(1, 90) = 0,3	0,6
		V1	F(4, 90) = 143,3	< 0,001 ***
		Rühm * V1	F(4, 90) = 0,6	0,7
	V2 = 160	Rühm	F(1, 90) = 0,14	0,7
		V1	F(4, 90) = 140,2	< 0,001 ***
		Rühm * V1	F(4, 90) = 0,5	0,7

Tabel 19. L1 ja L2 tajuskooride ANOVA katsetes 1 ja 2 (sõltumatud faktorid V1 kestus ja V2 kestus).

Katse	Rühm	Faktor	F	p
1	L1	V1	F(4, 90) = 149,5	< 0,001 ***
		V2	F(1, 90) = 0,3	0,6
		V1 * V2	F(4, 90) = 0,14	0,97
	L2	V1	F(4, 90) = 106,4	< 0,001 ***
		V2	F(1, 90) = 0,8	0,4
		V1 * V2	F(4, 90) = 0,08	0,99
2	L1	V1	F(4, 90) = 175,2	< 0,001 ***
		V2	F(1, 90) = 0,16	0,7
		V1 * V2	F(4, 90) = 0,16	0,96
	L2	V1	F(4, 90) = 115,3	< 0,001 ***
		V2	F(1, 90) = 1,6	0,2
		V1 * V2	F(4, 90) = 0,05	1

L1 ja L2 rühmade tajuskoorid osutusid erinevates stiimulijadades küllalt lähedasteks, ANOVA tõi esile rühmadevahelise olulise erinevuse ($p < 0,05$) ainult katse 1 esimeses stiimuliseerias ($V2 = 140$ ms), nõrgalt oluliseks ($p < 0,1$) osutus rühma ja V1 kestuse interaktsioon katse 1 mõlemas stiimuliseerias (vt tabel 18). L1 ja L2 rühma tajuskooride paarikaupa võrdlus Mann-Whitney testi abil tuvastas statistiliselt olulised erinevused ainult üksikute stiimulite korral (vt

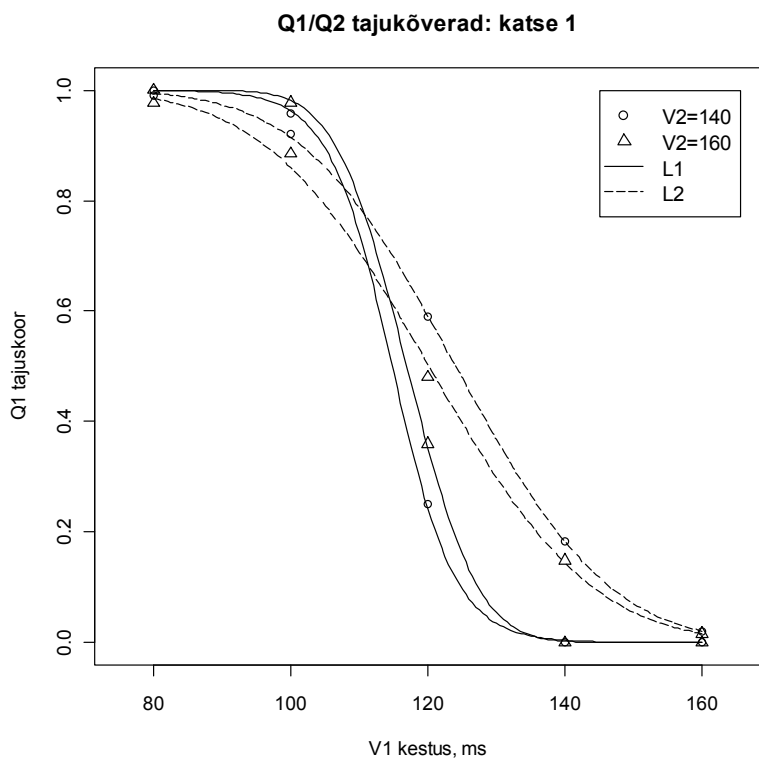
tabel 17 veerg p (L1-L2)). ANOVA näitas V1 kestuse statistiliselt olulist rolli L1 ja L2 tajuskooridele kõigis stiimulijadades ($p < 0,001$), kuid V2 kestus oli ebaoluline mõlemas katses nii L1 kui ka L2 rühmas (vt tabelid 18 ja 19); samuti ei olnud oluline V1 ja V2 kestuse interaktsioon (vt tabel 19).

Katse 1 ja 2 tajuskooride ANOVA näitab (tabel 20), et L1 rühma puhul on põhitooni roll nõrgalt oluline ($p < 0,1$) esimeses stiimuliseerias ($V2 = 140$), teises stiimulijadas ($V2 = 160$) aga mitte ($p = 0,4$). L2 rühma tajuskoorid aga põhitoonist ei sõltu.

Keelejuhtide tajuskooride interpoleerimisel on saadud L1 ja L2 rühma tajukõverad kahes katses (vt joonis 31 ja 32) ja neist on arvatatud Q1 vs. Q2 kategooriapiiride asukohad (vt tabel 21).

Tabel 20. L1 ja L2 tajuskooride ANOVA stiimuliseeriates $V2 = 140$ ja $V2 = 160$ (sõltumatud faktorid Katse ja V1 kestus).

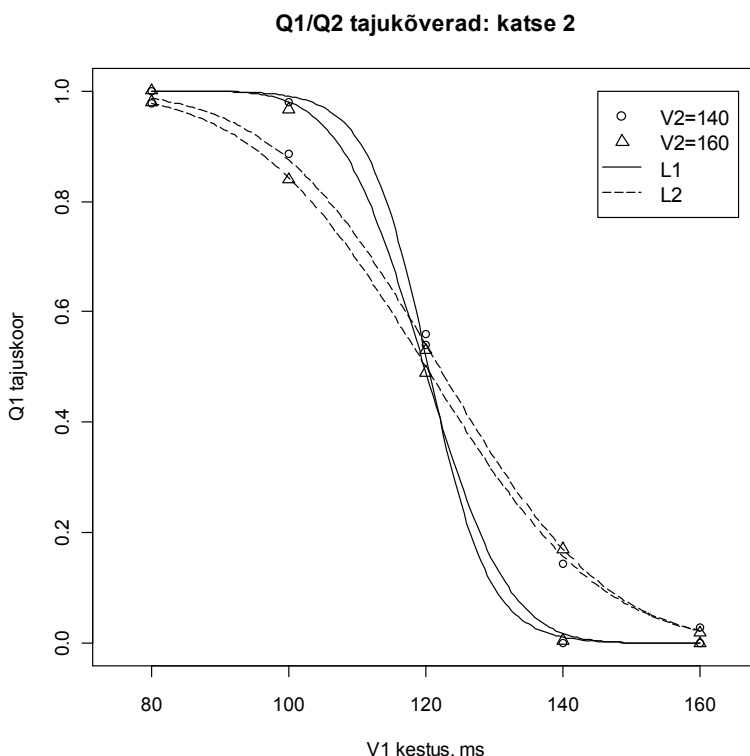
Rühm	Seeria	Faktor	F	p
L1	V2 = 140	Katse	$F(1, 90) = 2,9$	$< 0,1$.
		V1	$F(4, 90) = 151,6$	$< 0,001$ ***
		Katse * V1	$F(4, 90) = 2,2$	$< 0,1$.
	V2 = 160	Katse	$F(1, 90) = 0,6$	0,4
		V1	$F(2, 90) = 0,8$	$< 0,001$ ***
		Katse * V1	$F(4, 90) = 0,6$	0,6
L2	V2 = 140	Katse	$F(1, 90) = 0,1$	0,7
		V1	$F(4, 90) = 112,9$	$< 0,001$ ***
		Katse * V1	$F(4, 90) = 0,5$	0,7
	V2 = 160	Katse	$F(1, 90) = 0,5$	0,5
		V1	$F(4, 90) = 108$	$< 0,001$ ***
		Katse * V1	$F(4, 90) = 0,4$	0,8



Joonis 31. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 1 kahe V2 kestuse (○ – V2 = 140 ms; △ – V2 = 160 ms) korral.

Tabel 21. L1 ja L2 rühma Q1/Q2 kategooriapiiridele vastavad esisilbi vokaali (V1) kestused (ms) ja vastavad V1/V2 kestussuhted katse 1 ja katse 2 stiimulijadades.

	V2	L1		L2	
		V1	V1/V2	V1	V1/V2
Katse 1	140	114,6	0,82	124,1	0,89
	160	116,9	0,73	120,4	0,75
Katse 2	140	120,2	0,86	121,9	0,87
	160	119,7	0,75	120,0	0,75



Joonis 32. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorigid katses 2 kahe V2 kestuse (○ – V2 = 140 ms; △ – V2 = 160 ms) korral.

Tabelis 21 esitatud andmetest näeme, et L1 kategooriapiirid katses 1 on väiksema esisilbi vokaali kestuse juures kui katses 2, L2 kategooriapiiride erinevused kahes katses on aga marginaalsed. Sellest võib järeldada, et põhi- toonikontuur mõjutab L1 keelejuhtide taju Q1 vs. Q2 eristamisel, L2 rühma puhul aga mitte. See on kooskõlas eelneva ANOVA testiga (vt tabel 19), mis näitas, et L1 rühma puhul on loomuliku F0 kontuuri olemasolu tajuskoore mõjutav faktor (nõrgalt oluline $p < 0,1$), kuid L2 rühma puhul mitte.

Kategooriapiiride minimaalsed erinevused kahe erineva V2 kestuse korral osundavad, et V2 kestus ei ole oluline faktor Q1 vs. Q2 eristamisel kummagi katserühma jaoks, seda kinnitab ka ANOVA (vt tabel 19).

Kategooriapiirile vastava V1 kestuse suhe V2 kestusesse (V1/V2) jääb vahemikku 0,73–0,89, olles ootuspäraselt veidi suurem Q1-le tüüpilisest kestus- suhtest 0,7 (vt tabel 4).

6.1.3.2. Q2 vs. Q3 (katsed 3–6)

Katsetes 3–6 oli tegemist Q2 vs. Q3 vastandust sisaldavate stiimulijadadega, milles põhitooni sagedust modifitseeriti järgmiselt: katse 3 puhul oli F0 konstantne ($F0 = 130$ Hz), katse 4 ja katse 5 puhul oli tegemist vastavalt Q2 ja Q3 tüüpilise F0 kontuuriga ning katse 6 korral oli põhitooni hari liikuv (vt stiimulite kirjeldust ptk 6.1.2).

Ettertuttavalt olgu öeldud, et Q2 vs. Q3 katsetulemuste puhul on näha, et antud stiimulikorpuse piires ei realiseeru tajukõverad alati tüüpiliste kategooriaalse taju kõveratena. See tähendab kõveratena, mille puhul stiimulijada alguses ja lõpus paiknevaid stiimuleid tajutakse 100%-liselt eri kategooriatena ning tajukategooria muutus leiab aset suhteliselt järsku mingi jada keskosas paikneva stiimuli puhul. Antud juhul kirjeldavad katsetulemused vältetaju pideva protsessina, kus parameetri (V2 kestus) muutmisega kindla sammu võrra kaasneb tajuotsustuse proportsionaalne muutus ühe või teise alternatiivi (Q2 või Q3) kasuks või kahjuks. Näiteks joonisel 34 näeme, et katses 3 põhjustab V2 kestuse kasv Q2 tajuskoori kasvu nii L1 kui ka L2 rühma puhul, kuid Q2 tajuskoori kasv on rühmiti erinev ja sõltub ka V1 kestusest ning põhitooni kontuuri parameetritest (nagu näeme järgnevate eksperimentide tulemustest). Seetõttu ei pruugi kõigi stiimuliseeriade puhul kategooriamuutus aset leida ja kategooria-piiri asukohta ning piiriala laiust pole võimalik V2 muutumispikiirkonnas (60–140 ms) määrata. Interpoleerides katsetulemusi väljapoole V2 muutumispikiirkonda on teoreetiliselt võimalik kategooriapii rid ja piiriala laiused küll leida, kuid saadavad tulemused võivad osutuda ebareaalseteks võrreldes reaalses kõnes esinevate segmendikestustega. Katsete 3–6 tulemustena esitan L1 ja L2 rühma keskmiste tajuskooride väärtused kõigi stiimulite korral ja kategooria-piirile vastava V2 kestuse väärtused (juhul kui kategooria muutus aset leiab). L1 ja L2 rühma tajuskooride erinevuse statistilist olulisust hindan ANOVA ja Mann-Whitney testi abil; mõlema rühma jaoks leian ka interpolateeritud taju-kõverad. Katsete koondtulemused esitan tabelites 30–32 alapeatüki 6.1.3.6 lõpus. Vaatleme järgnevalt tulemusi katsete kaupa.

Katse 3. Monotoonne põhitoonikontuur

Katses 3 oli stiimulite põhitoonikontuur monotoonne ja katseisikud pidid tegema oma tajuotsused ainult stiimulite temporaaalse informatsiooni põhjal. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid on esitatud tabelis 22 ja joonisel 33.

Esimese seeria ($V1 = 160$ ms) stiimuleid tajusid L1 keelejuhid valdavalt Q2-na. Valdavalt Q3-na tajuti ainult lühima V2 kestusega ($V2 = 60$ ms) stiimulit, mille puhul $V1/V2$ kestussuhe 2,7 vastab tüüpilisele Q3 sõnades esinevale kestussuhtele (vt tabel 4). Ka L2 rühm tajus esimese seeria stiimuleid valdavalt Q2-na, piiripealsena (või pigem Q3-na) tajuti ainsana stiimulit, kus $V2 = 80$ ms ($V1/V2$ kestussuhe 2,0).

Teise seeria (V1 = 180 ms) stiimuleid tajusid L1 kuulajad valdavalt Q3-na, ainult pikima V2 kestusega (V2 = 140 ms) stiimulit tajuti Q2-na (V1/V2 kestussuhe 1,3). L2 keelejuhid klassifitseerisid kõiki teise seeria stiimuleid Q3-na, tõenäoselt määras nende tajuotsustuse V1 kestus (180 ms) ja see praktiliselt ei sõltunud V2 kestusest.

Mõlema rühma tajuskoorid näitavad samasuunalist trendi, st et V2 kestuse kasvades Q2 tajuskoor tõuseb, vastavad Pearson'i korrelatsioonikordajad (r) on järgmised:

L1 (V1 = 160 ms): $r = 0,94$; L1 (V1 = 180 ms): $r = 0,96$;

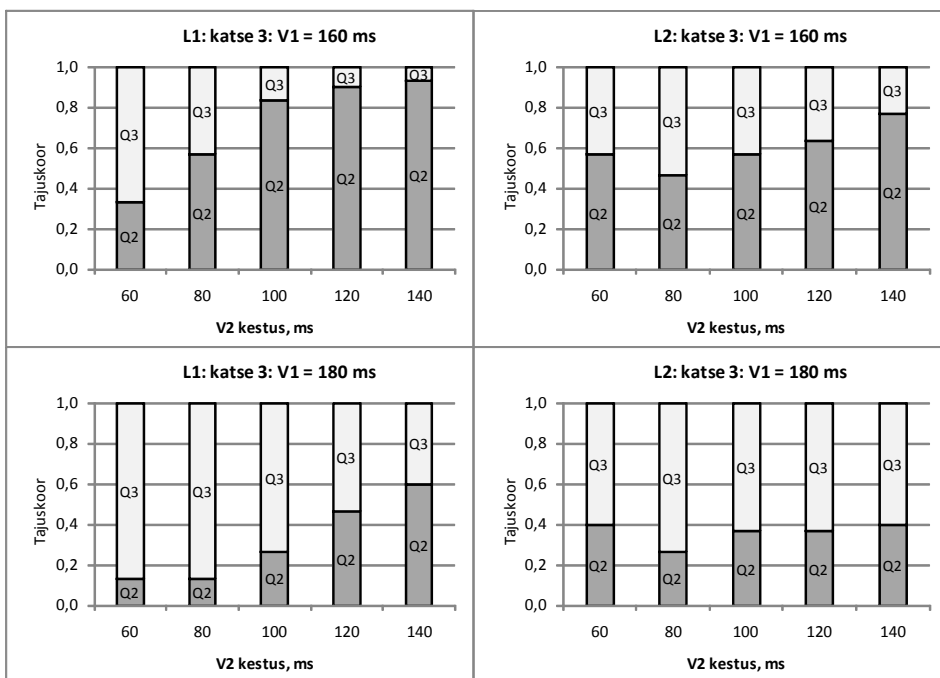
L2 (V1 = 160 ms): $r = 0,81$; L2 (V1 = 180 ms): $r = 0,29$.

Tabel 22. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed (σ) katse 3 stiimulijadades (V1 ja V2 kestused millisekundites; $p(L1-L2)$ – L1 ja L2 tajuskooride erinevuste statistiline olulisus: ‘***’ $p < 0,01$, ‘**’ $p < 0,05$, ‘.’ $p < 0,1$).

V1	V2	V1/V2	L1		L2		p (L1-L2)
			Q2 tajuskoor	σ	Q2 tajuskoor	σ	
160	60	2,7	0,33	0,272	0,57	0,225	.
	80	2,0	0,57	0,316	0,47	0,233	
	100	1,6	0,83	0,176	0,57	0,161	**
	120	1,3	0,90	0,161	0,63	0,189	**
	140	1,1	0,93	0,141	0,77	0,274	
180	60	3,0	0,13	0,172	0,40	0,263	*
	80	2,3	0,13	0,172	0,27	0,344	
	100	1,8	0,27	0,306	0,37	0,292	
	120	1,5	0,47	0,281	0,37	0,189	
	140	1,3	0,60	0,378	0,40	0,410	

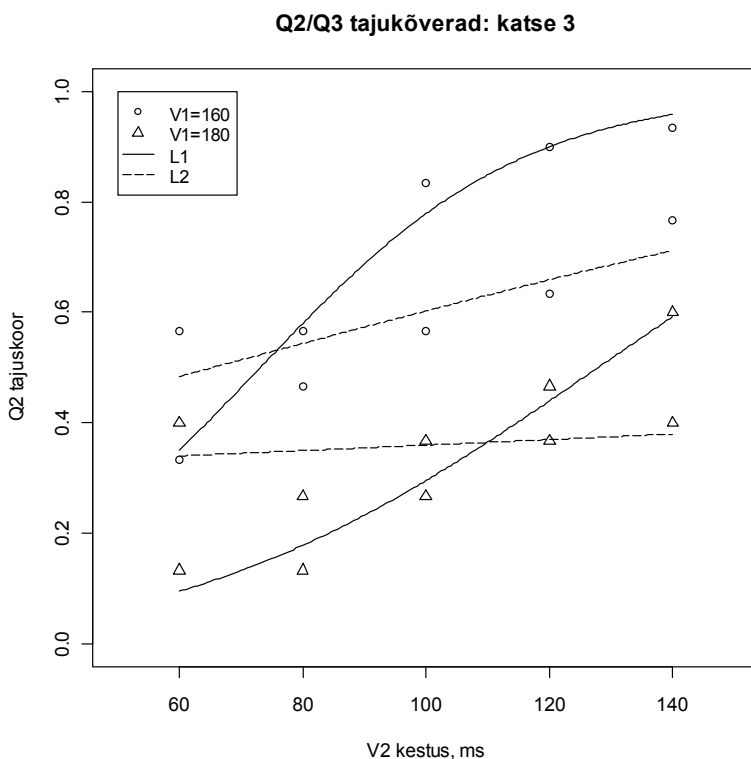
ANOVA näitas, et rühmade tajuskooride erinevused on statistiliselt olulised ainult katse 3 esimeses stiimuliseerias ($p < 0,05$), kuid mitte teises ($p = 0,5$); oluline on V2 roll mõlemas stiimulijadas (esimeses $p < 0,001$, teises $p < 0,05$) ning samuti rühma ja V2 kestuse interaktsioon (vt tabel 30, katse 3). L1 ja L2 tajuskooride paarikaupa võrdluses osutusid olulisteks erinevused esimese seeria stiimulites, kus V2 = 100 ja 120 ms ($p < 0,01$) ning nõrgalt oluliseks ($p < 0,1$) V2 = 60 ms korral; teises seerias aga ainult lühima V2 kestusega stiimuli puhul ($p < 0,05$) (vt tabel 22).

V1 kestusel on oluline roll mõlema rühma tajuskooridele mõlemas stiimulijadas ($p < 0,001$), V2 kestus osutus aga oluliseks ainult L1 rühma tulemuste korral ($p < 0,001$); V1 ja V2 kestused on teineteisest sõltumatud, nende koostõugu mõlema rühma tajuskooridele ei ole statistiliselt oluline (vt tabel 31, katse 3).



Joonis 33. L1 (vasakul) ja L2 (paremal) rühma keskmised Q2 (tumehall) ja Q3 (helehall) tajuskoorid katse 3 stiimulijadades.

Katse 3 kahe stiimulijada tajuskooride interpoleerimisel saadud L1 ja L2 rühma tajukõverad on esitatud joonisel 34 ja neist arvatud Q2 vs. Q3 kategooriapiiride asukohad tabelis 23. Näeme, et L1 rühma Q2 vs. Q3 kategooriapiiri asukoht sõltub esisilbi vokaali kestusest – $V1 = 160$ ms korral paikneb see V2 kestuse 73 ms juures, $V1 = 180$ ms korral aga 128 ms juures; kategooriapiirile vastavad $V1/V2$ kestussuhted on 2,2 ja 1,4. L2 rühma Q2 vs. Q3 kategooriapiiri on võimalik määrata ainult esimeses stiimulijadas ($V1 = 160$ ms), kus see paikneb V2 kestuse 65 ms juures, vastav $V1/V2$ kestussuhe on 2,4.



Joonis 34. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 3 kahe V1 kestuse (○ – V1 = 160 ms; △ – V1 = 180 ms) korral.

Tabel 23. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 3 stiimulijadades.

V1	L1		L2	
	V2	V1/V2	V2	V1/V2
160	73	2,2	65	2,4
180	128	1,4	–	–

Katse 4. Q2 põhitoonikontuur

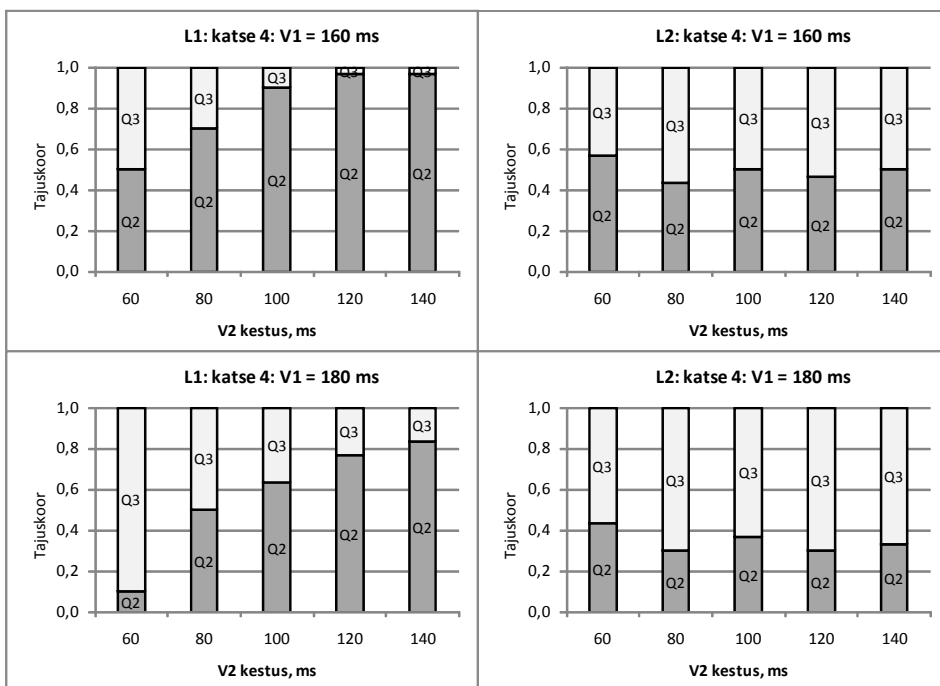
Katse 4 stiimulite põhitoon matkis tüüpilise Q2 sõna kontuuri, mis L1 keelejuhtide puhul peaks tõstma Q2 tajuskoori. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid katses 4 on esitatud tabelis 24 ja joonisel 35.

Tabel 24. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed (σ) katse 4 stiimulijadades (V1 ja V2 kestused millisekundites; $p(L1-L2)$ – L1 ja L2 tajuskooride erinevuste statistiline olulisus: ‘***’ $p < 0,001$, ‘**’ $p < 0,01$, ‘*’ $p < 0,05$, ‘.’ $p < 0,1$).

V1	V2	V1/V2	L1		L2		p (L1-L2)
			Q2 tajuskoor	σ	Q2 tajuskoor	σ	
160	60	2,7	0,5	0,236	0,57	0,387	
	80	2,0	0,7	0,292	0,43	0,387	
	100	1,6	0,9	0,161	0,5	0,236	***
	120	1,3	0,97	0,105	0,47	0,358	**
	140	1,1	0,97	0,105	0,5	0,283	***
180	60	3,0	0,1	0,161	0,43	0,353	*
	80	2,3	0,5	0,324	0,3	0,246	
	100	1,8	0,63	0,292	0,37	0,292	.
	120	1,5	0,77	0,316	0,3	0,331	**
	140	1,3	0,83	0,283	0,33	0,272	**

L1 keelejuhtide Q2 tajuskoor osutuski katses 4 kõrgemaks kui katses 3 (vrd andmeid tabelites 22 ja 24). Q2-le tüüpilise F0 kontuuri olemasolu soodustas stiimulite tajumist Q2-na (või võrdselt Q2 ja Q3-na) ka nende stiimulite korral, kus V1/V2 kestussuhte põhjal võiks eeldada stiimuli tajumist Q3-na. Nii tajusid L1 keelejuhid võrdselt Q2 ja Q3-na (tajuskoor 0,5) stiimuleid, kus suhe $V1/V2 = 2,7$ ja $2,3$ (vastavalt $V1 = 160$ ms, $V2 = 60$ ms ja $V1 = 180$ ms, $V2 = 80$ ms) ning Q2-na stiimulit, mille puhul kestussuhe oli $2,0$ ($V1 = 160$ ms, $V2 = 80$ ms). Q3-na tajuti ainsana stiimulit, mille puhul kestussuhe ($V1/V2 = 3,0$) oli tugevalt Q3 kasuks ($V1 = 160$ ms, $V2 = 60$ ms). L1 rühma Q2 tajuskoor kasvas koos V2 kestusega, korrelatsioonikordajad vastavalt esimeses ja teises stiimuli-seerias on $r = 0,93$ ja $r = 0,94$.

L2 keelejuhtide tajuhinnangud katse 4 esimese seeria ($V1 = 160$ ms) stiimulitele jaotusid enam-vähem võrdselt Q2 ja Q3 vahel (tajuskoor vahemikus $0,43$ kuni $0,57$) ja vastupidiselt L1 rühmale, L2 rühma Q2 tajuskoor V2 kestuse kasvades vähenes ($r = -0,32$). Teise seeria ($V1 = 180$ ms) stiimuleid tajusid L2 keelejuhid Q3-na, sarnaselt teise seeriaga katses 3. F0 kontuur ei osutunud L2 rühma jaoks abistavaks informatsiooniks, ka siin mõjutas nende tajutsustust eelkõige V1 kestus (180 ms). Ka teises seerias Q2 tajuskoor vähenes V2 kestuse kasvuga ($r = -0,57$).

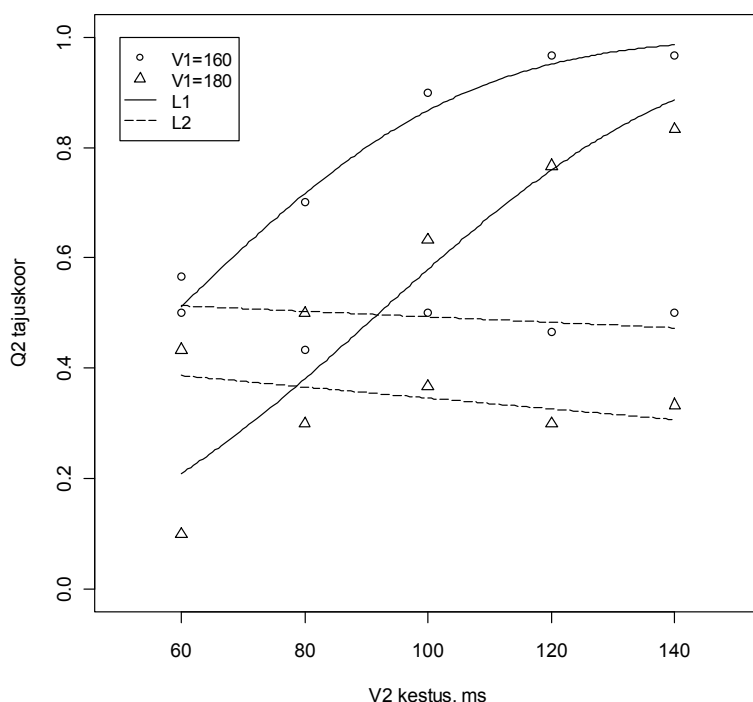


Joonis 35. L1 (vasakul) ja L2 (paremal) rühma keskmised Q2 (tumehall) ja Q3 (helehall) tajuskoorid katse 4 stiimulijadades.

ANOVA tulemused näitavad, et L1 ja L2 tajuskoorid on oluliselt erinevad mõlemas stiimuliseerias ($p < 0,001$), samuti on V2 kestus oluliseks faktoriks mõlemas seerias (esimeses $p < 0,1$; teises $p < 0,01$), ka rühma ja V2 kestuse interaktsioon on oluline mõlemas (vastavalt $p < 0,05$ ja $p < 0,001$) seerias (vt tabel 30, katse 4). Paarikaupa võrdluses osutusid statistiliselt olulisteks L1 ja L2 rühma tajuskooride erinevused esimese seeria kolme stiimuli korral ($V2 = 100$ ms ($p < 0,001$), 120 ms ($p < 0,01$) ja 140 ms ($p < 0,001$)), teises seerias aga nelja stiimuli puhul $V2 = 60$ ms ($p < 0,05$), $V2 = 100$ ms ($p < 0,1$), $V2 = 120$ ms ja 140 ms ($p < 0,01$) (vt tabel 24).

V1 kestus osutus oluliseks faktoriks mõlema rühma puhul (L1: $p < 0,001$, L2: $p < 0,05$), V2 kestus aga taas ainult L1 rühma puhul ($p < 0,001$); V1 ja V2 koosmõju ei olnud oluline kummagi rühma tulemustele (vt tabel 31, katse 4).

Q2/Q3 tajukõverad: katse 4



Joonis 36. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 4 kahe V1 kestuse (○ – V1 = 160 ms; △ – V1 = 180 ms) korral.

Tabel 25. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 4 stiimulijadades.

V1	L1		L2	
	V2	V1/V2	V2	V1/V2
160	59	2,7	87	1,8
180	92	2,0	–	–

Katse 4 tajuskooride interpoleerimisel saadud L1 ja L2 rühma tajukõverad on esitatud joonisel 36 ja neist arvatud Q2 vs. Q3 kategooriapiiride asukohad tabelis 25. L1 rühma puhul leiab kategooria muutus aset ja seega on võimalik leida Q2-Q3 kategooriapiir mõlema stiimulijada korral. L2 rühma puhul on Q2-Q3 kategooriapiir määratav ainult esimeses stiimulijadas.

L1 rühma kategooriapiirid katse 4 stiimuliseeriates on V2 kestuse 59 ms (V1/V2 kestussuhe 2,7) ja 92 ms (V1/V2 kestussuhe 2,0) juures, st tänu Q2-le omase F0 kontuuri olemasolule leiab kategooriamuutus aset tunduvalt lühemate

V2 kestuste korral võrreldes katses 3 leitud V2 piirkestustega. L2 rühma kategooriapiir asub V2 kestuse 87 ms (V1/V2 kestussuhe 1,8) juures ja erinevalt katses 3 leitud piirist, on see tunduvalt pikema V2 kestuse juures.

Katse 5. Q3 põhitoonikontuur

Katse 5 stiimulite põhitoon matkis tüüpilise Q3 sõna kontuuri, mis L1 keelejuhtide puhul peaks soodustama Q3 tajuskoori tõusu. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid katses 5 on esitatud tabelis 26 ja joonisel 37.

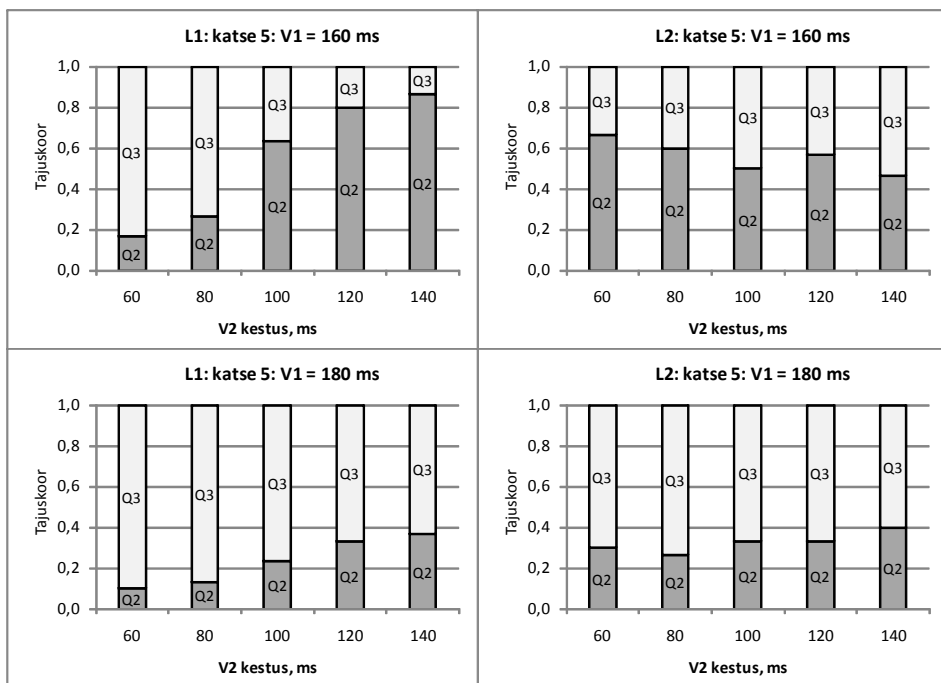
Tabel 26. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed (σ) katse 5 stiimulijadades (V1 ja V2 kestused millisekundites; $p(L1-L2)$ – L1 ja L2 tajuskooride erinevuste statistiline olulisus: ‘***’ $p < 0,001$, ‘**’ $p < 0,01$, ‘*’ $p < 0,05$, ‘.’ $p < 0,1$).

V1	V2	V1/V2	L1		L2		p (L1-L2)
			Q2 tajuskoor	σ	Q2 tajuskoor	σ	
160	60	2,7	0,17	0,176	0,67	0,157	***
	80	2,0	0,27	0,141	0,60	0,211	**
	100	1,6	0,63	0,105	0,50	0,236	.
	120	1,3	0,8	0,172	0,57	0,161	**
	140	1,1	0,87	0,172	0,47	0,172	***
180	60	3,0	0,10	0,16	0,30	0,189	*
	80	2,3	0,13	0,17	0,27	0,141	.
	100	1,8	0,23	0,22	0,33	0,222	–
	120	1,5	0,33	0,22	0,33	0,157	–
	140	1,3	0,37	0,25	0,40	0,211	–

Ootuspäraselt osutus L1 keelejuhtide Q3 tajuskoor katses 5 kõrgemaks kui katses 3 (vrd andmeid tabelites 22 ja 26) tänu Q3-le tüüpilise F0 kontuuri olemasolule. Esimeses seerias (V1 = 160 ms) tajus L1 rühm Q3-na kahe lühema V2 kestusega stiimuleid (V2 = 60 ms ja 80 ms), mille puhul ka V1/V2 kestussuhe mahtus Q3 piiridesse (vastavalt 2, 7 ja 2,0). Q2 vs. Q3 piirile on lähim stiimul, mille puhul V2 = 100 ms (V1/V2 suhe = 1,6), seda tajuti Q2-na (Q2 tajuskoor 0,63). Q2 tajuskoor kasvas koos V2 kestuse kasvuga ($r = 0,97$). Teises katseseerias (V1 = 180 ms) tajusid L1 keelejuhid kõiki stiimuleid Q3-na, V2 kestuse suurenedes Q2 tajuskoor küll kasvas ($r = 0,98$), kuid jäi ka pikima V2 kestuse puhul kindlalt alla 0,5. Q3-le omase F0 kontuuri tõttu tajuti Q3-na ka stiimuleid, mille puhul V1/V2 kestussuhe (1,5 ja 1,3) eeldanuks Q2 taju.

L2 keelejuhid tajusid katse 5 esimese seeria (V1 = 160 ms) stiimuleid valdavalt Q2-na või Q2-Q3 piiripealsena, ainult pikima V2 kestusega stiimuli korral kaldus tajuskoor Q3 kasuks. Sarnaselt katse 4 esimese seeriaga, näitas ka siin

L2 rühm L1 rühmale vastupidist tendentsi – Q2 tajuskoor vähenes V2 kestuse kasvades ($r = -0,86$). Teise seeria ($V1 = 180$ ms) stiimuleid tajusid L2 keelejuhid valdavalt Q3-na, kuid siin Q2 tajuskoor pisut kasvas koos V2 kestusega ($r = 0,85$), jäädes kindlalt alla 0,5. Sarnaselt eelnevate katsetega, ei mõjutanud ka selles katses F0 kontuur L2 rühma tulemusi.



Joonis 37. L1 (vasakul) ja L2 (paremal) rühma keskmised Q2 (tumehall) ja Q3 (helehall) tajuskoorid katse 5 stiimulijadades.

ANOVA kohaselt on rühmadevahelised erinevused olulised esimeses katse-seerias ($p < 0,05$), kuid mitte teises ($p = 0,7$). V2 kestus on oluliseks faktoriks mõlemas stiimuliseerias (esimeses $p < 0,001$, teises $p < 0,05$); esimese seeria puhul on oluline ka rühma ja V2 kestuse koosmõju ($p < 0,01$), teises seerias rühma ja V2 kestuse interaktsioon puudub (vt tabel 30, katse 5).

L1 ja L2 rühma paarikaupa võrdluses osutusid tajuskooride erinevused statistiliselt oluliseks kõigi esimese seeria stiimulite korral – $V2 = 60$ ms ($p < 0,001$), $V2 = 80$ ms ($p < 0,05$), $V2 = 100$ ms ($p < 0,1$), $V2 = 120$ ms ($p < 0,05$) ja $V2 = 140$ ms ($p < 0,001$). Teise seeria puhul on L1 ja L2 rühma tulemused üsna lähedased ja rühmade erinevused on statistiliselt olulised ainult kahe esimese stiimuli puhul ($V2 = 60$ ms, $p < 0,05$ ja $V2 = 80$ ms, $p < 0,1$) (vt tabel 26).

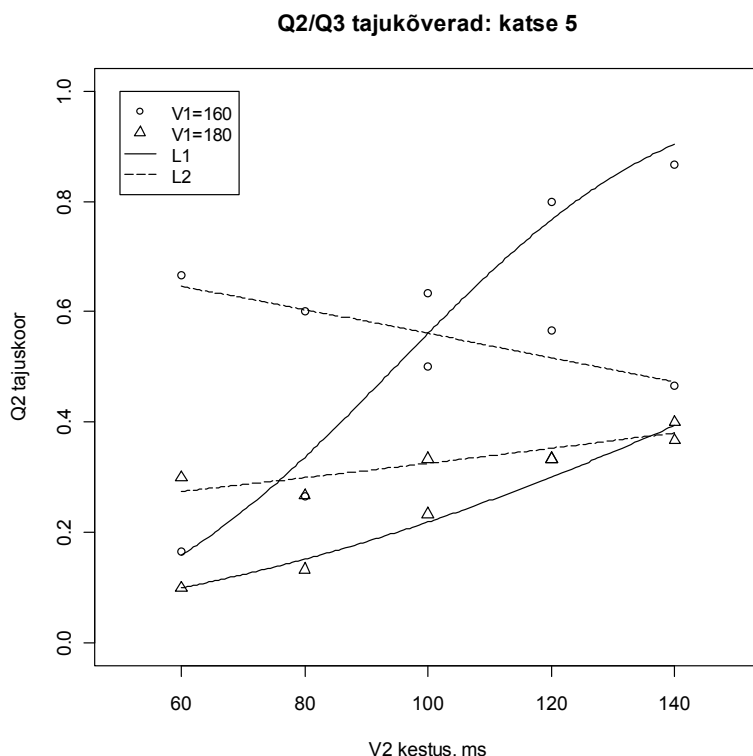
V1 kestus osutus ANOVA tulemustes oluliseks faktoriks mõlema rühma puhul ($p < 0,001$), V2 kestus aga ainult L1 rühma puhul ($p < 0,001$), ka V1 ja V2 koosmõju on oluline ($p < 0,001$) ainult L1 rühma puhul (vt tabel 31, katse 5).

Katse 5 tulemuste interpoleerimisel saadud L1 ja L2 rühma tajukõverad on esitatud joonisel 38 ja neist arvutatud Q2 vs. Q3 kategooriapiiride asukohad tabelis 27. Mõlema rühma puhul on võimalik Q2-Q3 kategooriapiir leida ainult esimeses stiimulijadas.

L1 rühma kategooriapiir on V2 kestuse 95 ms juures (V1/V2 kestussuhe 1,7) ja L2 rühma puhul 128 ms juures (V1/V2 kestussuhe 1,3). Mõlema rühma puhul on kategooriapiirile vastava V2 kestused pikemad võrreldes katses 4 leitud V2 piirkestustega.

Tabel 27. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 5 stiimulijadades.

V1	L1		L2	
	V2	V1/V2	V2	V1/V2
160	95	1,7	128	1,3
180	–	–	–	–



Joonis 38. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 5 kahe V1 kestuse (○ – V1 = 160 ms; △ – V1 = 180 ms) korral.

Katse 6. Liikuv põhitoonikontuur

Katse 6 stiimulite puhul muutus põhitooni harja asukoht esisilbi vokaali piires koos V2 kestusega nii, et V1/V2 kestussuhe ja F0 kontuur liikusid Q2-le omastest väärtustest Q3-le omaste väärtusteni. L1 keelejuhtide jaoks oli tegemist stiimulijadaga, kus väldete eristamine kujunes eelnevate katsetega võrreldes lihtsamaks tänu sellele, et V1/V2 kestussuhte muutust toetas ka vastav F0 kontuuri muutus. L2 keelejuhtide tajutulemuse F0 kontuuri muutused oluliselt ei mõjutanud. L1 ja L2 rühmade keskmised tajuskoorid katstes 6 on esitatud tabelis 28 ja joonisel 39.

L1 keelejuhtide tajuskoorid näitasid mõlemas stiimulijadas kategooriaalse tajutule efekti – Q2 tajuskoor kasvas koos V2 kestusega (vastavalt $r = 0,93$ ja $r = 0,98$) ja kategooriamuutus leidis aset mõlemas jadas. Esimeses jadas tajuti Q3-na ainult lühima V2 kestusega stiimulit (V1/V2 kestussuhe 2,7), piirilähedaseks (tajuskoor 0,6) osutus stiimul V2 kestusega 80 ms (V1/V2 kestussuhe 2,0). Ülejäänud stiimuleid (V2 = 100, 120 ja 140 ms) tajuti kindlalt Q2-na, sest nii V1/V2 kestussuhe kui ka F0 kontuur eeldasidki L1 keelejuhtidelt sellist tajuotsustust.

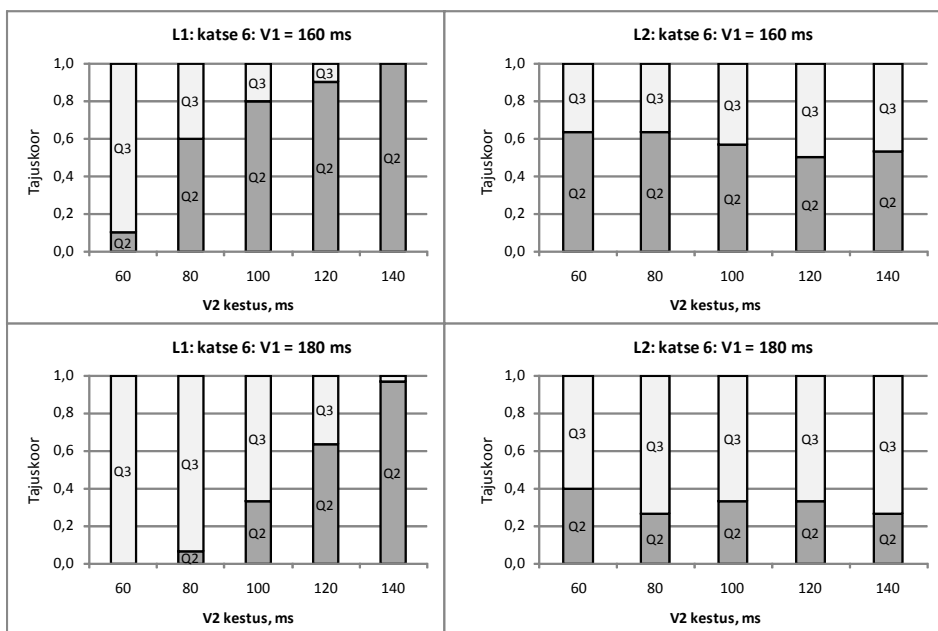
Teises jadas tajuti kolme esimest stiimulit (V2 = 60, 80 ja 100 ms) Q3-na (vastavad V1/V2 kestussuhted on 3,0, 2,3 ja 1,8) ja kahte viimast stiimulit (V2 = 120 ja 140 ms) Q2-na (V1/V2 kestussuhted vastavalt 1,5 ja 1,3).

Tabel 28. L1 ja L2 rühma keskmised Q2 tajuskoorid ja standardhälbed (σ) katse 6 stiimulijadades (V1 ja V2 kestused millisekundites; $p(L1-L2)$ – L1 ja L2 tajuskooride erinevuste statistiline olulisus: ‘***’ $p < 0,001$, ‘**’ $p < 0,01$, ‘*’ $p < 0,05$, ‘.’ $p < 0,1$).

V1	V2	V1/V2	L1		L2		p (L1-L2)
			Q2 tajuskoor	σ	Q2 tajuskoor	σ	
160	60	2,7	0,1	0,161	0,63	0,189	***
	80	2,0	0,6	0,141	0,63	0,189	–
	100	1,6	0,8	0,172	0,57	0,161	*
	120	1,3	0,9	0,161	0,50	0,176	***
	140	1,1	1,0	0,000	0,53	0,233	***
180	60	3,0	0,0	0,000	0,40	0,141	***
	80	2,3	0,07	0,141	0,27	0,211	*
	100	1,8	0,33	0,314	0,33	0,157	–
	120	1,5	0,63	0,367	0,33	0,157	*
	140	1,3	0,97	0,105	0,27	0,211	***

Erinevalt L1 rühmast, ei näidanud L2 rühma tajutulemused kategooriaalse tajutule efekti kummaski stiimulijadas ja V2 kestuse kasvades näitas Q2 tajuskoor hoopiski langevat trendi (vastavalt $r = -0,88$ ja $-0,57$). Esimese jada stiimuleid

tajusid L2 keelejuhid valdavalt Q2 stiimulitena, piirile vastav tajuskoor esines ainult ühe stiimuli korral ($V2 = 120$ ms). Teise jada stiimuleid tajuti Q3-na. Nagu eelmistegi katsete puhul, ei avaldanud $F0$ kontuur L2 rühma tulemustele mingit mõju ja L2 tajuotsustuse määras eelkõige $V1$ kestus.

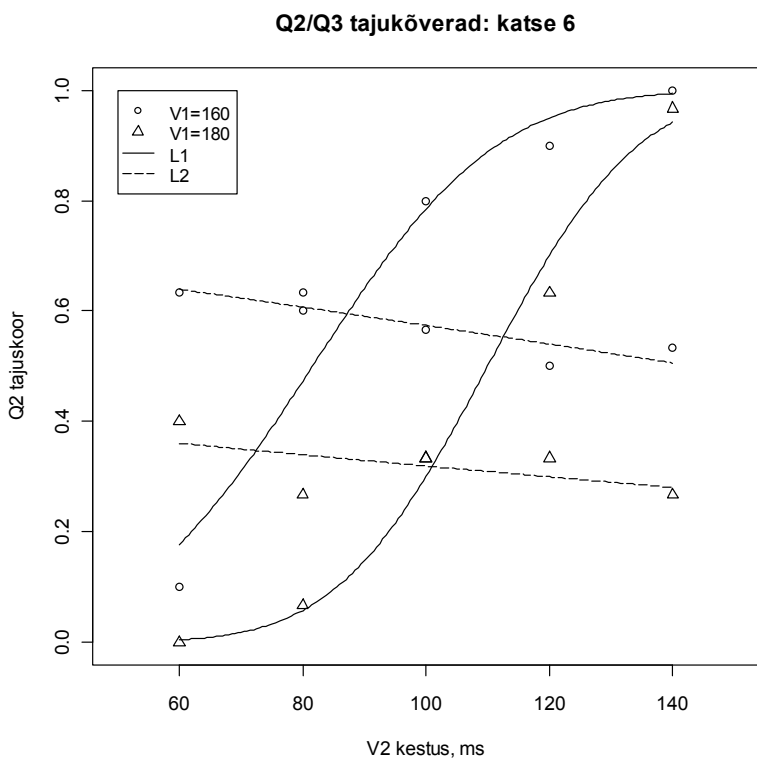


Joonis 39. L1 (vasakul) ja L2 (paremal) rühma keskmised Q2 (tumehall) ja Q3 (helehall) tajuskoorid katse 6 stiimulijadades.

ANOVA tulemustest nähtub, et rühmade erinevused on olulised mõlemas stiimuliseerias (vastavalt $p < 0,01$ ja $p < 0,1$), samuti on olulised faktorid $V2$ kestus ning rühma ja $V2$ kestuse interaktsioon ($p < 0,001$) (vt tabel 30, katse 6). Mann-Whitney testis osutusid L1 ja L2 rühma tajuskooride erinevused statistiliselt oluliseks mõlema jada nelja stiimuli korral, rühmade erinevused olid ebaolulised ainult esimese jada stiimuli $V2 = 80$ ms ja teise jada stiimuli $V2 = 100$ ms korral (vt tabel 28).

Sarnaselt eelneva katsega, osutus L1 rühma puhul olulisteks faktoriteks $V1$ ja $V2$ kestused ning nende koosmõju ($p < 0,001$), L2 rühma puhul ainult $V1$ kestus ($p < 0,001$) (vt tabel 31, katse 6).

Katse 6 tajuskooride interpoleerimisel saadud L1 ja L2 rühma tajukõverad on esitatud joonisel 40 ja neist arvutatud Q2 vs. Q3 kategooriapiiride asukohad tabelis 29. L1 rühma kategooriapiir esimeses jadas on $V2$ kestuse 82 ms juures ($V1/V2$ kestussuhe 1,95) ja teises jadas 110 ms juures ($V1/V2$ kestussuhe 1,6). L2 rühma kategooriapiir asub väljaspool $V2$ kestuse muutumispiirkonda, L2 tajukõvera ekstrapoleerimisel saavutab see kategooriapiirile vastava väärtuse $V2$ kestuse 144 ms juures ($V1/V2$ kestussuhe 1,1).



Joonis 40. L1 (pidev joon) ja L2 (kriipsjoon) interpoleeritud tajukõverad ja stiimulite keskmised tajuskoorid katses 6 kahe V1 kestuse (○ – V1 = 160 ms; △ – V1 = 180 ms) korral.

Tabel 29. L1 ja L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad teise silbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted katse 6 stiimulijadades.

V1	L1		L2	
	V2	V1/V2	V2	V1/V2
160	82	1,96	144	1,1
180	110	1,6	–	–

Tabel 30. Tajuskooride ANOVA katsete 3–6 stiimuliseeriates (sõltumatud faktorid Rühm ja V2 kestus).

Katse	Seeria	Faktor	F	p
3	V1 = 160	Rühm	$F(1, 90) = 6,5$	$< 0,05 *$
		V2	$F(4, 90) = 11,5$	$< 0,001 ***$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 4,3$	$< 0,01 **$
	V1 = 180	Rühm	$F(1, 90) = 0,5$	0,5
		V2	$F(4, 90) = 3,3$	$< 0,05 *$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 2,1$	$< 0,1 .$
4	V1 = 160	Rühm	$F(1, 90) = 32,6$	$< 0,001 ***$
		V2	$F(4, 90) = 2,2$	$< 0,1 .$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 3,5$	$< 0,05 *$
	V1 = 180	Rühm	$F(1, 90) = 14,2$	$< 0,001 ***$
		V2	$F(4, 90) = 3,7$	$< 0,01 **$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 6,6$	$< 0,001 ***$
5	V1 = 160	Rühm	$F(1, 90) = 5,5$	$< 0,05 *$
		V2	$F(4, 90) = 10,5$	$< 0,001 ***$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 24,6$	$< 0,001 ***$
	V1 = 180	Rühm	$F(1, 90) = 0,15$	0,7
		V2	$F(4, 90) = 3,4$	$< 0,05 *$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 0,8$	0,5
6	V1 = 160	Rühm	$F(1, 90) = 10$	$< 0,01 **$
		V2	$F(4, 90) = 16,9$	$< 0,001 ***$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 29,1$	$< 0,001 ***$
	V1 = 180	Rühm	$F(1, 90) = 3,8$	$< 0,1 .$
		V2	$F(4, 90) = 17,1$	$< 0,001 ***$
		Rühm * V2	$F(4, 90) = 22,1$	$< 0,001 ***$

Tabel 31. L1 ja L2 rühma tajuskooride ANOVA katsetes 3–6 (sõltumatud faktorid V1 kestus ja V2 kestus).

Katse	Rühm	Faktor	F	p
3	L1	V1	$F(1, 90) = 61,8$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 15,9$	$< 0,001$ ***
		V1 * V2	$F(4, 90) = 1,5$	0,2
	L2	V1	$F(1, 90) = 20$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 1,7$	0,2
		V1 * V2	$F(4, 90) = 0,4$	0,8
4	L1	V1	$F(1, 90) = 24,6$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 20,6$	$< 0,001$ ***
		V1 * V2	$F(4, 90) = 0,9$	0,5
	L2	V1	$F(1, 90) = 5,3$	$< 0,05$ *
		V2	$F(4, 90) = 0,5$	0,7
		V1 * V2	$F(4, 90) = 0,02$	1
5	L1	V1	$F(1, 90) = 72,8$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 27,7$	$< 0,001$ ***
		V1 * V2	$F(4, 90) = 5,9$	$< 0,001$ ***
	L2	V1	$F(1, 90) = 38,4$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 0,4$	0,8
		V1 * V2	$F(4, 90) = 2,1$	$< 0,1$.
6	L1	V1	$F(1, 90) = 53,6$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 72,7$	$< 0,001$ ***
		V1 * V2	$F(4, 90) = 6,6$	$< 0,001$ ***
	L2	V1	$F(1, 90) = 47,1$	$< 0,001$ ***
		V2	$F(4, 90) = 1,2$	0,3
		V1 * V2	$F(4, 90) = 0,8$	0,5

Q2 vs. Q3 katsete (katsed 3–6) ANOVA testi tulemused (vt tabel 32) kahes stiimuliseerias (V1 = 160 ja V1 = 180 ms; sõltumatud faktorid Katse ja V2 kestus) näitavad, et L1 keelejuhtide tajuskoori mõjutavateks olulisteks faktoreks on Katse (st F0 kontuur) ja V2 kestus (mõlemas stiimuliseerias $p < 0,001$), samuti on oluline nende koosmõju ($p < 0,05$ ja $p < 0,001$ vastavalt V1 = 160 ja V1 = 180 ms korral). L2 rühma puhul aga ei mängi F0 kontuur ja V2 kestus olulist rolli kummagi V1 kestuse korral, samuti pole oluline nende koosmõju.

Tabel 32. L1 ja L2 tajuskooride ANOVA stiimuliseeriates V1 = 160 ja V1 = 180 ms (sõltumatud faktorid Katse ja V2 kestus).

Rühm	Seeria	Faktor	F	p
L1	V1 = 160	Katse	F(3, 180) = 17,5	< 0,001 ***
		V2	F(4, 180) = 94	< 0,001 ***
		Katse * V2	F(12, 90) = 2,3	< 0,05 *
	V1 = 180	Katse	F(3, 180) = 16,1	< 0,001 ***
		V2	F(4, 180) = 38,9	< 0,001 ***
		Katse * V2	F(12, 90) = 3,2	< 0,001 ***
L2	V1 = 160	Katse	F(3, 180) = 1,8	0,16
		V2	F(4, 180) = 0,7	0,6
		Katse * V2	F(12, 90) = 1,2	0,3
	V1 = 180	Katse	F(3, 180) = 0,3	0,85
		V2	F(4, 180) = 1	0,4
		Katse * V2	F(12, 90) = 0,3	0,99

6.1.4. Tulemuste arutelu

Vältetaju katsete eesmärgiks oli võrrelda L1 ja L2 keelejuhte vältevastanduste Q1 vs. Q2 ja Q2 vs. Q3 eristamisel ning selgitada erinevate akustiliste tunnuste (V1 ja V2 kestused, F0 kontuur) rolli völdete tajumisel. Katsete 1–6 tulemused (kategooriapiiridele vastavad V1 ja V2 vokaalide kestused ning V1/V2 kestussuhted, lisainformatsioonina ka V1/C1 ja V2/C2 kestussuhted) on koondatud tabelisse 33.

Tabel 33. L1 ja L2 rühma lühike/pikk kategooriapiiride asukohad ja vastavad kestussuhted kõigis stiimulijadades.

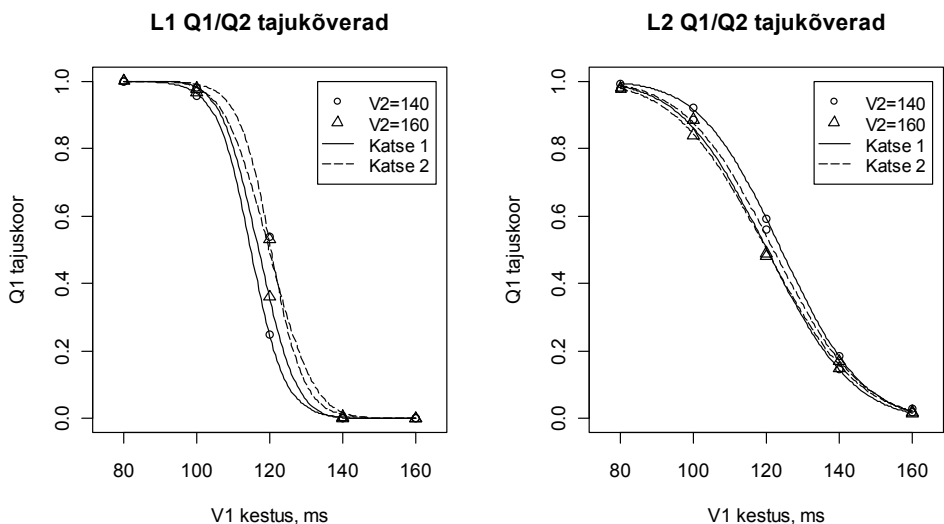
Kategooriapiiride asukoht CVCV-stiimulijadades									
Katse	V2	L1				L2			
		V1	V1/V2	V1/C1	V2/C2	V1	V1/V2	V1/C1	V2/C2
1	140	115	0,8	1,4	2,3	124	0,9	1,6	2,3
	160	117	0,7	1,5	2,7	120	0,8	1,5	2,7
2	140	120	0,9	1,5	2,3	122	0,9	1,5	2,3
	160	120	0,8	1,5	2,7	120	0,8	1,5	2,7

Katse	V1	V2	V1/V2	V1/C1	V2/C2	V2	V1/V2	V1/C1	V2/C2
3	160	73	2,2	2,0	1,2	65	2,4	2,0	1,1
	180	128	1,4	2,3	2,1	–	–	2,3	–

4	160	59	2,7	2,0	1,0	87	1,8	2,0	1,4
	180	92	2,0	2,3	1,5	–	–	2,3	–
5	160	95	1,7	2,0	1,6	128	1,3	2,0	2,1
	180	–	–	2,3	–	–	–	2,3	–
6	160	82	2,0	2,0	1,4	144	1,1	2,0	2,4
	180	110	1,6	2,3	1,8	–	–	2,3	–

Q1 vs. Q2

L1 ja L2 rühm näitasid kahes esimeses katses lähedasi tulemusi – mõlema rühma puhul oli Q1 vs. Q2 eristamisel kõige olulisemaks faktoriks esisilbi vokaali (V1) kestus ja teise silbi vokaali (V2) kestus ei osutunud oluliseks kummagi rühma jaoks. L1 rühma jaoks osutus nõrgalt ($p < 0,1$) oluliseks ka põhitooni roll, L2 rühma jaoks aga mitte. Seetõttu on lähedased ka L1 ja L2 rühma kategooriapiirile vastava esisilbi vokaali kestused ja vastavad V1/V2 kestussuhted (vt tabel 33) ning tajukõverad (vt joonis 41). Q1 vs. Q2 kategooriapiirile vastav kestussuhe $V1/V2 < 1$ mõlemas keelerühmas ja veidi suurem tüüpilisest Q1 sõnades esinevast kestussuhtest 0,7 (vt tabel 4), mis tagab kindlalt kahe välte kuuldelse eristamise. Et Q1 vs. Q2 vastandus baseerub lühike/pikk vokaal vastandusel CV(V)CV stiimulite esisilbis, siis on katsete 1 ja 2 tulemused heas kooskõlas ptk 5 esitatud tulemustega ja võimalikud L2 tajumehhanismid vältekategooriate Q1 vs. Q2 eristamisel on samad, mis lühike/pikk kategooriate eristamisel (vt ptk 5.1.4).



Joonis 41. L1 (vasakul) ja L2 (paremal) Q1/Q2 tajukõverad katses 1 ja 2.

Q2 vs. Q3

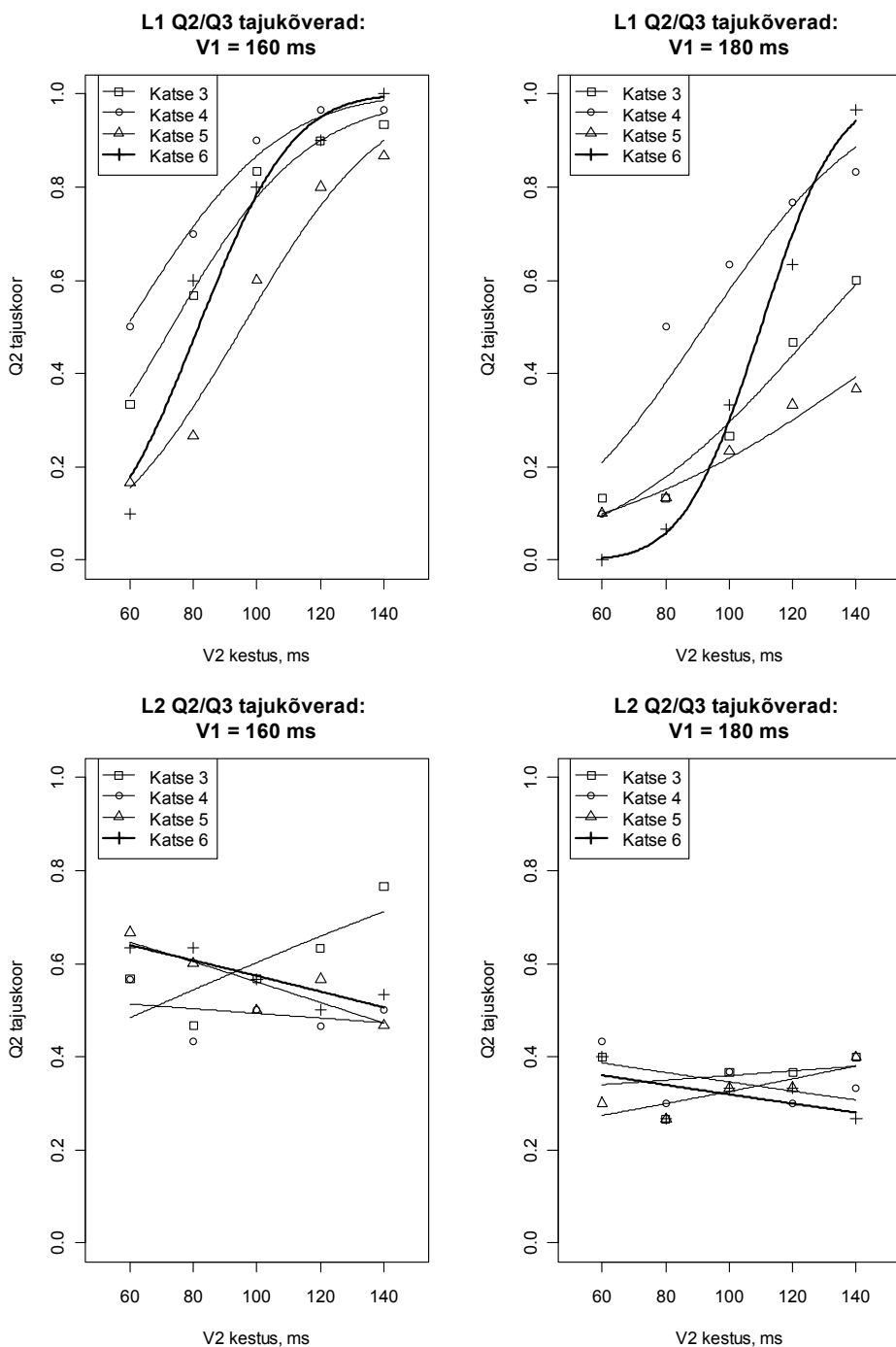
Q2 vs. Q3 katsetes erinesid L1 ja L2 rühma tulemused märkimisväärselt. L1 rühma tajutsustused sõltusid kõigist kolmest muudetavast parameetrist – V2 ja V1 kestusest ning põhitoonikontuurist, L2 rühma jaoks aga osutus määravaks peamiselt V1 kestus (vt tabelid 31 ja 32). Illustreerime Q2 vs. Q3 tajutulemusi katsete 3–6 tajukõverate võrdleva esitusega joonisel 42.

L1 rühma tulemused võib kokku võtta järgmiselt:

1. Q2 tajuskoor kasvab kõigis katseseeriates koos V2 kestuse pikenemisega (vt L1 tajukõveraid joonisel 42).
2. Vältekategooria muutust tajutakse V2 kestuse muutudes nendes stiimulijadades, kus muud faktorid (V1 kestus ja põhitoon) seda võimaldavad/soodustavad. Näiteks katse 5 pikema V1 kestusega (180 ms) stiimuliseerias kategooriamuutust ei toimu, sest Q3-le omase põhitoonikontuuri tõttu tajutakse kõiki stiimuleid Q3-na, kuigi kahe pikima V2 kestusega stiimuli (V2 = 120 ja 140 ms) korral eeldanuks V1/V2 kestussuhe (vastavalt 1,5 ja 1,3) nende tajumist Q2-na.
3. Esisilbi vokaali lühema kestuse korral (V1 = 160 ms) on Q2 tajuskoor kõigi stiimulite puhul kõrgem võrreldes V1 pikema (180 ms) kestusega, st lühema V1 korral on eelistatud Q2, pikema V1 korral Q3 (vrd L1 tajukõveraid erineva V1 kestusega stiimuliseeriates).
4. Vältele omase põhitoonikontuuri lisamine stiimulile tõstab vastava välte tajuskoori – Q2-le omase kontuuri puhul tõusis stiimuli Q2 tajuskoor ja Q3-le omase kontuuri puhul Q3 tajuskoor (vrd L1 tajukõveraid katsetes 3 (F0 monotoonne), 4 (F0 = Q2 kontuur) ja 5 (F0 = Q3 kontuur)).
5. Parimat Q2 vs. Q3 eristusvõimet näitasid L1 keelejuhid katses 6, kus koos V2 kestuse (st ka V1/V2 kestussuhte) muutusega kaasnes adekvaatne põhitoonikontuuri muutus (vrd L1 tajukõveraid katses 6 ja katsetes 3–5).
6. Q2-Q3 kategooriapiir (st kategooriapiirile vastava V2 kestuse väärtus ja V1/V2 kestussuhe) ei ole absoluutne, vaid see varieerub suurtes piirides sõltuvalt V1 kestusest ja põhitoonikontuurist – katses 4 (F0 = Q2 kontuur, V1 = 160 ms): V2 = 59 ms ja V1/V2 = 2,7; katses 3 (F0 = monotoonne, V1 = 180 ms): V2 = 128 ms ja V1/V2 = 1,4.

L2 rühma tulemuste kokkuvõte:

1. Q2 tajuskoor varieerub kõigis katseseeriates sõltuvalt V2 kestusest ebasüsteemiliselt – mõnes katseseerias see tõuseb, mõnes aga langeb koos V2 kestuse kasvuga (vt L2 tajukõveraid joonisel 42).



Joonis 42. L1 (ülemised) ja L2 (alumised) Q2/Q3 tajukõverad katsetes 3–6.

2. Vältekategooria muutus leiab V2 kestuse muutudes aset ainult lühema V1 kestusega (160 ms) stiimulijadades, kusjuures ainult katses 3 (F_0 = monotoonne) on see muutus samasuunaline L1 rühmaga (st lühema V2 kestuste korral tajutakse stiimulit Q3-na, pikema V2 puhul Q2-na), katsetes 4–6 oli vältekategooria muutus vastassuunaline. Et V2 kestus ei osutunud L2 rühmas statistiliselt oluliseks faktoriks (vt tabelid 31 ja 32), siis ei saa neid kategooriamuutusi käsitleda tõeliste Q2-Q3 kategooria-piiridena, pigem on tegemist juhusliku tulemusega.
3. Esisilbi vokaali lühema kestusega ($V_1 = 160$ ms) stiimuleid tajusid L2 keelejuhid valdavalt Q2-na, pikema V1 kestusega (180 ms) stiimuleid aga Q3-na (sõltumata V2 kestusest) ja seda kõigis katseseeriates (vrd L2 tajukõveraid erineva V1 kestusega stiimuliseeriates, joonis 42). Siit võib järeldada, et L2 rühma jaoks on Q2 vs. Q3 eristamisel peamiseks faktoriks esisilbi vokaali kestus, V1 osutus ka statistiliselt oluliseks kõigis katsetes (vt tabel 31). Seega on L2 rühma Q2-Q3 „kategooriapiir” V1 kestuse 160 ms ümbruses, kuid ka seda piiri ei saa pidada tegelikult piiriks, pigem on tegemist katse ülesehitusest tingitud piiriga.
4. Põhitoonikontuuri kuju ei mõjuta L2 rühma tajutsustusi (vrd L2 tajukõveraid katsetes 3–6, joonis 42).

Vältetaju katsed tõid esile olulised erinevused L1 ja L2 rühma tajumehhanismides. L1 keelejuhtide jaoks on vältekategooriad loomulik osa emakeele fonoloogilisest süsteemist ja nende eristamismehhanismid (nii tajus kui kõnes) omandatakse varases eas. Sõltuvalt piirkondlikust murdetäustast, esineb individuaalseid erinevusi ka eesti emakeelega keelejuhtide vältete tajus ja häälduses (nt Lippus, Pajusalu 2009).

L1 rühma eksperimentitulemused kinnitavad üldjoontes varasemate uurin-gute tulemusi, mille kohaselt mängivad L1 vältetajus otsustavat rolli nii esi- ja järgsilbi vokaalide kestused kui ka põhitoonikontuuri kulg (nt Lehist 1960; Liiv 1961; Eek 1994; Eek, Meister 1997; Lippus jt 2009). Siinesitatud tule-mused pakuvad uutset informatsiooni eesti vältete kategooriapiiride ja neid mõjutavate tunnuste variatsioonide kohta.

L2 keelejuhtide jaoks on eesti vältete näol tegemist uue nähtusega, sest nende emakeeles puudub analoogia, millele vältete kuuldelisel eristamisel toe-tuda. L1 ja L2 vältete tajuerinevused tulenevad tõenäoselt nii kestuse kui ka põhitooni erinevast rollist kahes keeles. Kestusvastanduste eristamisel on L2 kuulajatel abi sõnarõhuga seotud kestusvariatsioonidest emakeeles või kui lähtuda desensibiliseerimise hüpoteesist (Bohn 1995), siis ongi kestus kuulde-liselt hästi tajutav akustiline tunnus sõltumata sellest, kas kõneleja emakeel kasutab seda kontrastiivselt või mitte. Nagu näitasid katsete 1 ja 2 tulemused (ja ka lühike vs. pikk kategooria tajukatsed, vt pkt 5), saidki L2 keelejuhid edukalt hakkama Q1 vs. Q2 vastanduse eristamisega, mis põhineski esmajoonel lühike vs. pikk kategooriate vastandusel stiimulite esisilbis.

Katsete 3–6 (varasemalt ka Lippus jt 2009) tulemused näitasid, et põhi-toonikontuur ei ole vene emakeelega keelejuhtide tajule oluline Q2 vs. Q3

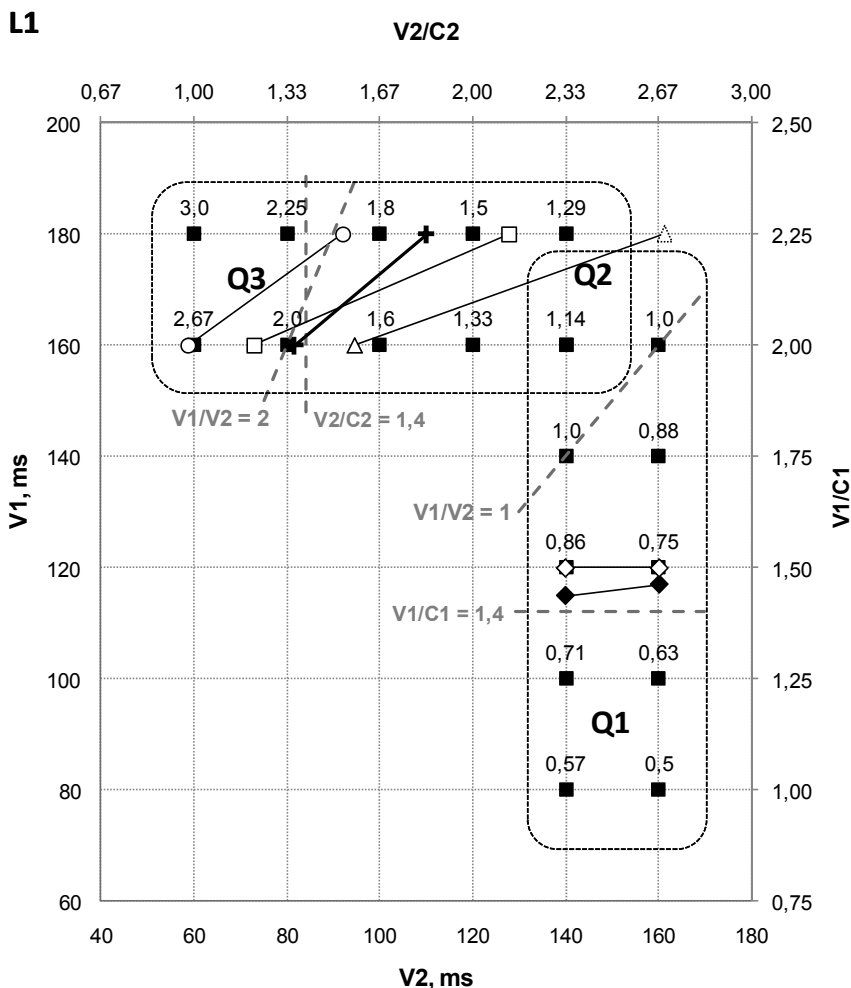
eristamisel. Kuna L2 tajutulemused ei sõltu ka V2 kestusest, siis võib oletada, et analoogselt Q1 vs. Q2 vastandusega rakendab L2 tajumehhanism samasugust strateegiat ka Q2 vs. Q3 vastanduse puhul, st püüab eristada neid V1 kestuse alusel. L2 tajutulemused näitavad, et see strateegia osaliselt töötabki ja Q2-Q3 „kategoriapiir” asetseb V1 kestuse 160 ms ümbruses. Kuid kas on siin tegemist tõesti Q2-Q3 kategoriapiiriga? Püüame sellele leida vastuse järgnevas arutelus.

L2 katsetulemuste (katse 1–6) põhjal võib põhimõtteliselt konstrueerida häälikuvälte teooriat (nt Ariste 1939) toetava skeemi, mille kohaselt CV1CV2 struktuuri tajutakse esmavältelisena kui $V1 < 120$ ms ($V1$ = lühike), teisevältelisena kui $V1$ kestus on vahemikus 120–160 ms ($V1$ = pikk) ja kolmandavältelisena kui $V1 > 160$ ms ($V1$ = ülipikk). Kuid selline tulemuste tõlgendus on vastuolus eesti völdete tegeliku olemuse ja L1 tajutulemustega. Kolme vastanduva häälikupikkusega süsteeme väidetavalt eksisteerib (näiteks esineb selline süsteem Dinka keeles (Remijsen, Gilley 2008)), kuid on väga ebatõenäoline, et vene emakeelega L2 keelejuhtide tajumehhanism on kolmese kestusvastanduse omandanud (kuigi just kestusel baseeruva kolmikvastandusena on eesti välteid neile koolis õpetatud). Ilmselt ei suuda L2 tegelik tajumehhanism klassifitseerida vokaale pikkadeks ja ülipikkadeks ning näiline kategoriapiir V1 kestuse 160 ms läheduses on tingitud pigem katsetoodikast ja katsealuste teadlikust vastamisstrateegiast. Eksperimentaalselt on leitud, et kui stiimuli kestus on vahemikus 100 kuni 500 ms, siis on kahe stiimuli kestuserinevuse tajumiseks vajalik nende vähemalt 10%-ne erinevus (Creelman 1962). V1 kestuste 160 ms ja 180 ms erinevus on 12,5%, seega on nende kestuserinevus tajutav. Tõenäoliselt valisid L2 keelejuhid katsetes 3–6 järgmise vastamisstrateegia: teades, et tegemist on Q2 vs. Q3 vastandusega ja tajudes V1 kestuste erinevust, liigitasid nad lühema V1 kestusega stiimulid valdavalt Q2-ks ja pikema V1 kestusega stiimulid valdavalt Q3-ks. Selle hüpoteesi kontrollimiseks oleks vajalik koostada uus stiimulikorpused, kus V1 kestused varieeruvad erinevalt võrreldes praeguses korpuses kasutatud V1 kestustega (see ei mahu käesoleva töö raamesse).

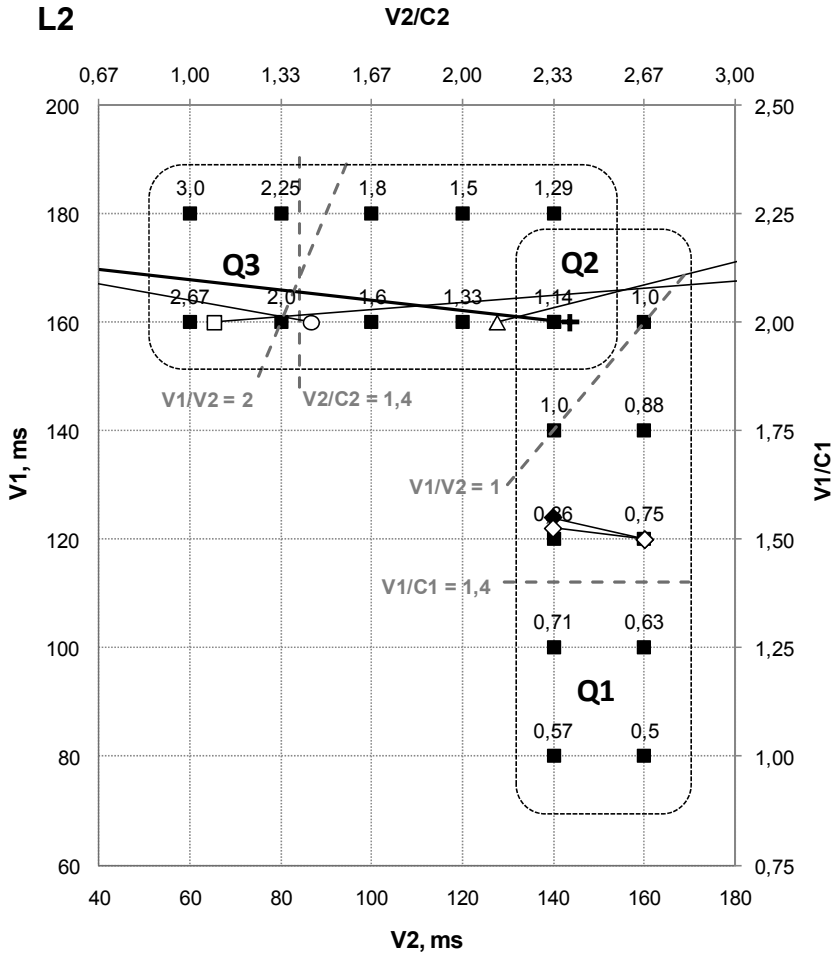
Vältetaju katsetulemuste käsitlemise lõpetuseks projitseerime katsetes 1–6 leitud L1 ja L2 kategoriapiirid stiimulikorpusega samasse teljestikku (vt joonised 43 ja 44) ja analüüsime tulemusi kahe vältekäsitluse – V1/V2 kestussuhte (tabel 4 andmete põhjal) ning naaberhäälikute kestussuhete V1/C1 ja V2/C2 (Eek, Meister 2003) kontekstis.

V1/V2 suhtena esitatud L1 rühma (vt joonis 43) Q1-Q2 piiride väärtused on vahemikus 0,7–0,9 (vt tabel 33, katsed 1 ja 2) ja jäävad allapoole eeldatud piirväärtust 1,0. Saadud tulemused on lähedased tüüpilisele Q1-le omasele V1/V2 kestussuhtele (vrd tabel 4 andmetega). Ka L2 rühma (vt joonis 44) vastavad V1/V2 väärtused (0,8–0,9) on lähedased L1 rühma tulemustele. Q1-Q2 piirile vastavad naaberhäälikute kestussuhted V1/C1 on mõlema rühma puhul lähedased varem esitatud piirväärtusele 1,4 (Eek, Meister 2003), olles sellest siiski pisut suuremad (L1: 1,4–1,5; L2: 1,5–1,6). Siit võib järeldada, et katsete 1 ja 2 tulemused on kooskõlas mõlema vältekäsitlusega.

L1 rühma Q2-Q3 piiridele vastavad V1/V2 kestussuhete väärtused (tabel 33, katsed 3–6) hõlbivad aga oluliselt suuremates piirides (1,4–2,7) kui seda eeldab akustiliste mõõtmiste tulemustest (vt tabel 4) tuletatud Q2-Q3 piirile vastav kestussuhe 2,0. Seega võime tõdeda, et V1/V2 kestussuhe üksi ei võimalda prognoosida Q2 vs. Q3 otsustust, sest tulemust mõjutab oluliselt ka F0 kontuuri kuju.



Joonis 43. L1 rühma kategooriapiirid katsetes 1–6. Markerid (■) tähistavad stiimulite paiknemist V2 vs. V1 teljestikus, markeri juures olev arv tähistab stiimulite V1/V2 kestussuhteid, Q1-Q2 ja Q2-Q3 stiimulid on piiratud punktiirjoones kastidega; lisatelgedel on V2/C2 ja V1/C1 väärtused. Kriipsjoontega on esitatud eeldatavad kategooriapiirid V1/V2 kestussuhete (Q1-Q2 piir: $V1/V2 = 1$; Q2-Q3 piir: $V1/V2 = 2$) ning V2/C2 (Q2-Q3 piir: $V2/C2 = 1,4$) ja V1/C1 (Q1-Q2 piir: $V1/C1 = 1,4$) järgi. Katsetes leitud kategooriapiirid on tähistatud järgmiselt: ◆—◆ Q1-Q2 piir katses 1, ◇—◇ Q1-Q2 piir katses 2, □—□ Q2-Q3 piir katses 3, ○—○ Q2-Q3 piir katses 4, △—△ Q2-Q3 piir katses 5, +—+ Q2-Q3 piir katses 6 (tabel 33 andmete põhjal).



Joonis 44. L2 rühma kategooriapiirid katsetes 1–6. Markerid (■) tähistavad stiimulite paiknemist V2 vs. V1 teljestikus, markeri juures olev arv tähistab stiimulite V1/V2 kestussuhteid, Q1-Q2 ja Q2-Q3 stiimulid on piiratud punktiirjoones kastidega; lisatelgedel on V2/C2 ja V1/C1 väärtused. Kriipsjoontega on esitatud eeldatavad kategooriapiirid V1/V2 kestussuhete (Q1-Q2 piir: $V1/V2 = 1$; Q2-Q3 piir: $V1/V2 = 2$) ning V2/C2 (Q2-Q3 piir: $V2/C2 = 1,4$) ja V1/C1 (Q1-Q2 piir: $V1/C1 = 1,4$) järgi. Katsetes leitud kategooriapiirid on tähistatud järgmiselt: ◆—◆ Q1-Q2 piir katses 1, ◇—◇ Q1-Q2 piir katses 2, □—□ Q2-Q3 piir katses 3, ○—○ Q2-Q3 piir katses 4, △—△ Q2-Q3 piir katses 5, +—+ Q2-Q3 piir katses 6 (tabel 33 andmete põhjal).

Naaberhäälikute kestussuhte põhjal peaks L1 kuulajad tajuma stiimulit Q2-na kui $V2/C2 > 1,4$ ja Q3-na kui $V2/C2 \leq 1,4$. Jooniselt 43 näeme, et selline jäik klassifitseerimiskriteerium ei kirjelda enamikku katsetes 3–6 saadud tulemusi. Lühema V1 kestuse korral varieerub piirile vastav V2/C2 kestussuhe 1,0–1,6, pikema V1 kestuse korral aga 1,5–2,1 sõltuvalt F0 kontuuri kujust (vt tabel 33). Ka Eek, Meister (2003: 830) tõdevad, et „esisilbi väga pika monoftongi korral näib asuvat kuulajate otsustusi Q3 kasuks suunama just esisilbi vokaali absoluutkestus”. Siin jõuame samale järeldusele, mida esitasid Kalvik ja Mihkla (2010), et naaberhäälikute kestussuhtel põhinev vältekäsitlus ei tööta kuigi hästi Q2 vs. Q3 vastanduste eristamisel.

L2 rühma tulemused katsetes 3–6 erinevad oluliselt L1 rühma tulemustest ja nagu eespool nägime, eristavad L2 keelejuhid Q2 ja Q3 stiimuleid hoopiski V1 kestuse alusel. Seega ei võimalda kumbki vältekäsitlus prognoosida/selgitada L2 tulemusi Q2 vs. Q3 eristamisel.

6.2. Väldete akustiline analüüs

Väldete akustiliseks analüüsiks kasutasin L1 ja L2 keelejuhtide kõnesalvestustest kahesilbilisi Q1, Q2 ja Q3 sõnu (vt ptk 3.2), mis esindavad vokaalikeskse vältevastandusega struktuure CVCV, CVVCV ja CVV:CV. Analüüsitavate sõnade segmendikestused (C1, V1, C2 ja V2) on mõõdetud Praati skripti abil ja nende alusel on arvutatud välteid iseloomustavad kestussuhted V1/V2, V1/C1 ja V2/C2. Väldete akustilistest parameetritest on järgnevas analüüsis piiratud ainult kestuse ja kestussuhetega kui kõige olulisemate tunnustega, põhitooni ja intensiivsuse variatsioone ei ole analüüsitud. L1 ja L2 rühmade keskmised segmendikestused ja kestussuhted on arvutatud eraldi iga CVCV struktuuri puhul (9 sõna iga struktuuri kohta) ja rühmade erinevuste hindamiseks on kasutatud ANOVAt (sõltumatud faktorid rühm ja välde) ja *TukeyHSD posthoc* testi. Tulemused on esitatud tabelis 34 ja joonistel 45–47.

Esisilbi vokaalikestuste analüüs on esitatud eespool (vt ptk 5.2) ja selles leiti, et L1 rühma puhul on V1 keskmised kestused 82 ms, 144 ms ja 174 ms vastavalt Q1, Q2 ja Q3 puhul (V1 kestuste erinevused on statistiliselt olulised: $p < 0,001$ Q2-Q1 ja $p < 0,01$ Q3-Q2 puhul). V2 kestused on pöördvõrdelised võrreldes V1 kestusega, olles 112 ms, 85 ms ja 61 ms vastavalt Q1, Q2 ja Q3 sõnades. ANOVA näitas, et välde on V2 kestust oluliselt mõjutav faktor [$F(1, 48) = 214,3$; $p < 0,001$], *TukeyHSD posthoc* test kinnitas, et V2 kestuserinevused Q2-Q1 võrdluses on olulised nivool $p < 0,05$, Q3-Q2 võrdluses aga nivool $p = 0,02$.

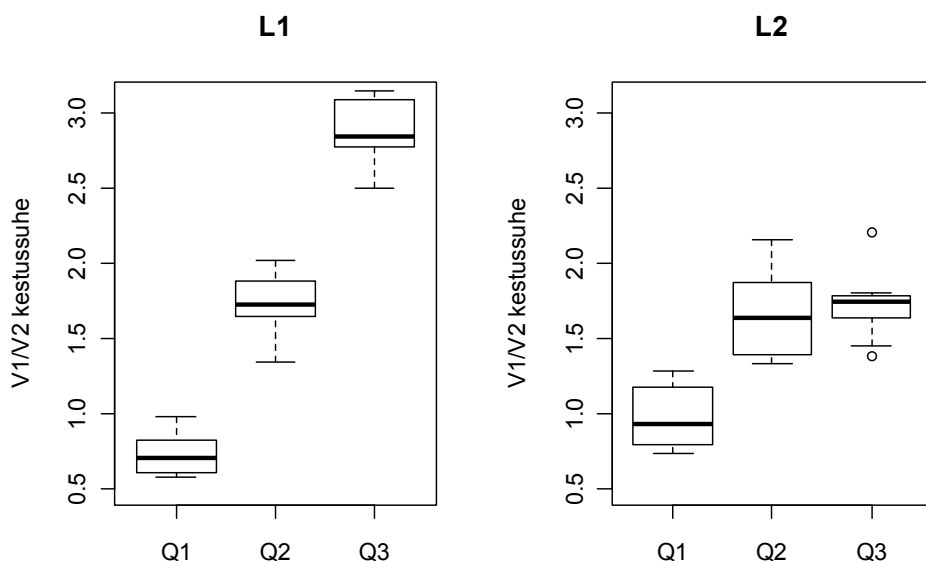
Tabel 34. L1 ja L2 rühma Q1, Q2 ja Q3 sõnade keskmised segmendikestused (ms) ja välteid iseloomustavad kestussuhted.

	Välde	C1	V1	C2	V2	V1/V2	V1/C1	V2/C2
L1	Q1	82	82	62	112	0,7	1,0	1,8
	Q2	86	144	58	85	1,7	1,7	1,5
	Q3	78	174	59	61	2,8	2,2	1,0
L2	Q1	98	94	63	97	1,0	1,0	1,5
	Q2	107	148	61	91	1,7	1,4	1,5
	Q3	104	149	62	88	1,7	1,4	1,4

L2 rühma puhul on V1 kestused 94 ms (Q1), 148 ms (Q2) ja 149 ms (Q3); Q2-Q1 erinevus on statistiliselt oluline ($p < 0,001$), Q3-Q2 erinevus aga mitte ($p = 1$). Ka L2 rühma V2 kestused on pöördvõrdelised V1 kestusega võrreldes, kuid V2 kestuserinevused on välteti marginaalsed: 97 ms (Q1), 91 ms (Q2) ja 88 ms (Q3) ning statistiliselt ebaolulised (Q2-Q1 puhul $p = 0,98$; Q3-Q2 puhul $p = 1$).

L1 ja L2 rühma vokaalikestuste võrdlus näitas, et esisilbi vokaalide kestuserinevused Q1 (L1: 82 ms vs. L2: 94 ms; $p = 0,6$) ja Q2 sõnades (L1: 144 ms vs. L2: 148 ms; $p = 0,99$) ei ole statistiliselt olulised, Q3 sõnades aga on need oluliselt erinevad (L1: 174 ms vs. L2: 149 ms; $p < 0,05$). Samasugune on ka V2 kestuste erinevus kahes rühmas – Q1 (L1: 112 ms vs. L2: 97 ms; $p = 0,4$) ja Q2 (L1: 85 ms vs. L2: 91 ms; $p = 0,97$) sõnades pole see statistiliselt oluline, Q3 sõnades aga küll (L1: 61 ms vs. L2: 88 ms; $p = 0,02$).

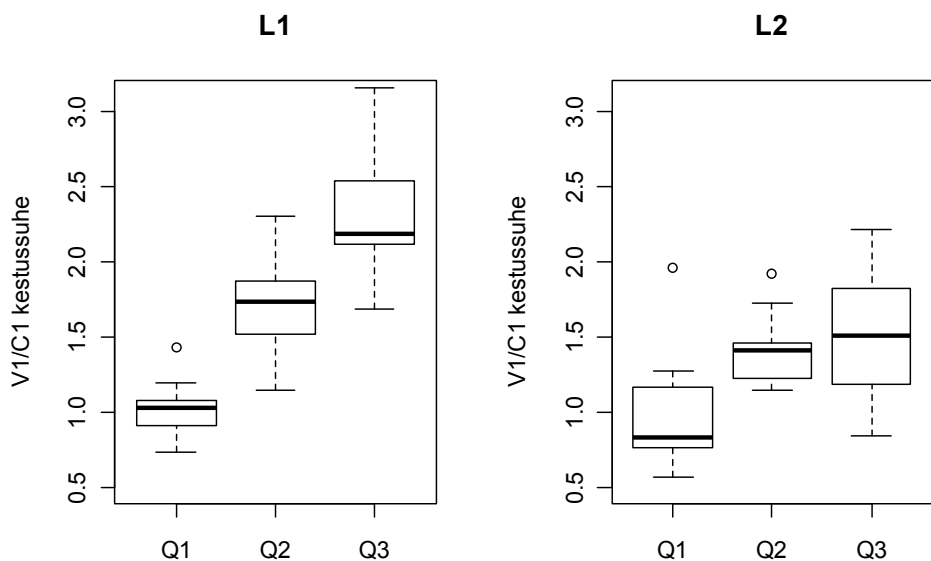
Välteid iseloomustavad kestussuhted V1/V2 L1 rühmas – Q1: 0,7, Q2: 1,7 ja Q3: 2,8 – on lähedased varasemates uuringutes leitud väärtustele (vrd tabel 4). L2 rühma V1/V2 suhe (Q1: 1,0, Q2: 1,7 ja Q3: 1,7) hälbib L1 vastavast suhtest märgatavalt Q3 puhul (vt joonis 45). ANOVA kinnitab, et V1/V2 kestussuhe on oluliselt erinev rühmiti [$F(1, 48) = 24,3$; $p < 0,001$] ja välteti [$F(2, 48) = 169,1$; $p < 0,001$] ning oluline on ka rühma ja välte interaktsioon [$F(2, 48) = 44,2$; $p < 0,001$]. *TukeyHSD posthoc* test näitas, et L1 rühmas on V1/V2 suhe oluliselt erinev kõigis vältevastandustes ($p < 0,001$), L2 rühmas aga Q1 vs. Q2(Q3) vastandustes ($p < 0,001$), kuid mitte Q2 vs. Q3 puhul ($p = 1$). Rühmade võrdlus näitas, et Q1 ja Q2 puhul ei ole L1 ja L2 rühma V1/V2 kestussuhted oluliselt erinevad (Q1: $p = 0,23$; Q2: $p = 1$), aga Q3 puhul on L1 ja L2 rühma erinevus vägagi oluline ($p = 0$).



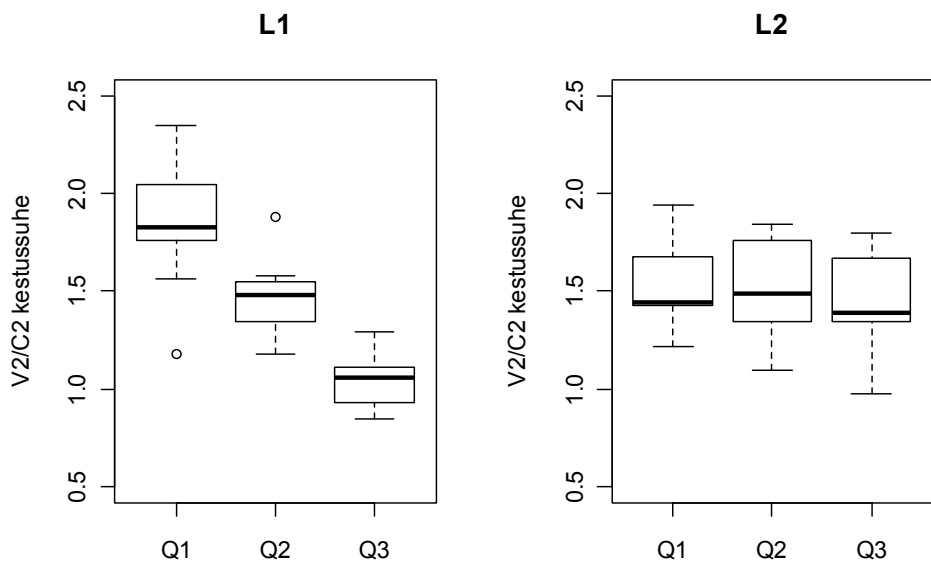
Joonis 45. L1 ja L2 rühma V1/V2 kestussuhted Q1, Q2 ja Q3 sõnades.

Naaberhäälikute kestussuhete võrdlus (vt ka joonised 46 ja 47) toob esile järgmised erinevused kahes rühmas. V1/C1 suhte puhul on statistiliselt olulis- teks faktoriteks rühm [$F(1, 48) = 12$; $p < 0,01$], vâlde [$F(2, 48) = 26,6$; $p < 0,001$] ja nende interaktsioon [$F(2, 48) = 4,9$; $p < 0,05$]. *Posthoc* testi kohaselt on V1/C1 suhe L1 rühmas oluliselt erinev kõigis vâltevastandustes (Q1 vs. Q2: $p < 0,01$; Q2 vs. Q3: $p < 0,05$), L2 rühmas osutus nõrgalt oluliseks ainult erine- vus Q1 vs. Q3 puhul ($p < 0,1$), Q1 vs. Q2 ja Q2 vs. Q3 erinevused on eba- olulised (vastavalt $p = 0,2$ ja $p = 1$). L1 vs. L2 võrdluses ei erine V1/C1 suhted Q1 ($p = 1$) ja Q2 ($p = 0,5$) puhul, küll aga Q3 ($p < 0,001$) puhul.

V2/C2 suhte ANOVA tuvastas oluliste faktoritena vâlde [$F(1, 48) = 14,1$; $p < 0,001$], kuid mitte rühma [$F(1, 48) = 0,6$; $p = 0,5$]; oluliseks osutus aga vâlde ja rühma interaktsioon [$F(2, 48) = 8,8$; $p < 0,001$]. Ka *posthoc* test ei näidanud rühmade erinevusi Q1 ($p = 0,14$) ja Q2 ($p = 1$) sõnades, kuid Q3 sõnades osutus L1 ja L2 rühma erinevus statistiliselt oluliseks ($p < 0,05$). L1 rühma siseselt osutus V2/C2 suhe vâlteti statistiliselt oluliseks – Q1 vs. Q2 ja Q2 vs. Q3 puhul on $p < 0,05$; L2 rühmas aga on V2/C2 suhe praktiliselt võrdne kõigis vâlte- vastandustes ($p = 1$).



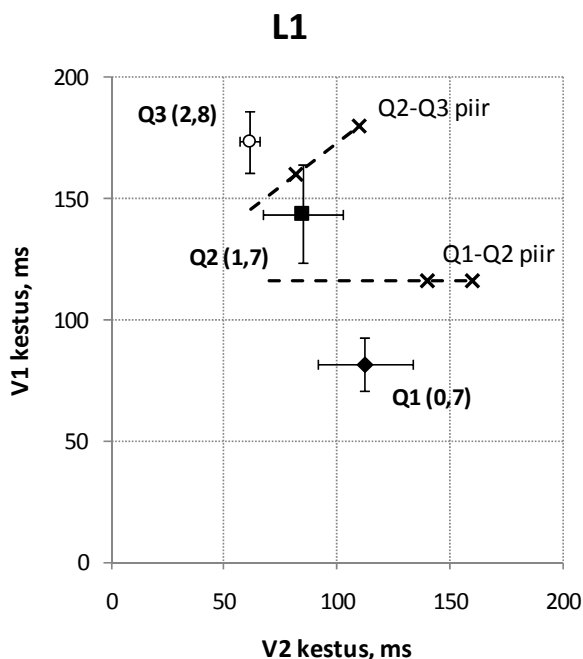
Joonis 46. L1 ja L2 rühma V1/C1 kestussuhted Q1, Q2 ja Q3 sõnades.



Joonis 47. L1 ja L2 rühma V2/C2 kestussuhted Q1, Q2 ja Q3 sõnades.

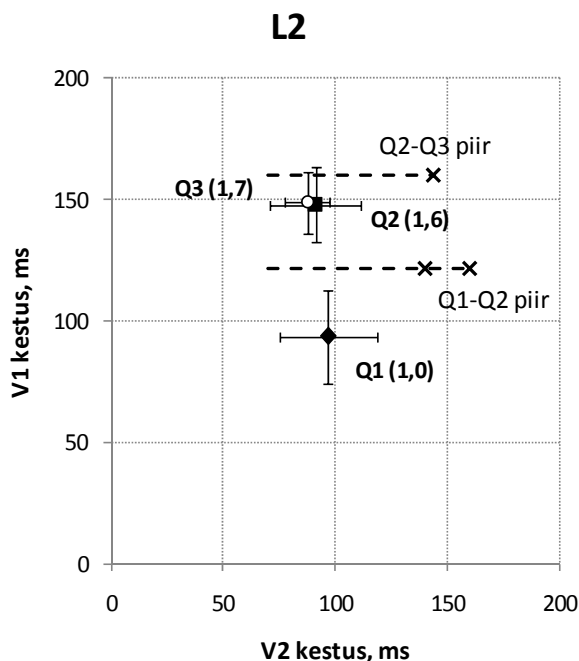
6.3. Väldete akustilise analüüsi ja tajutulemuste võrdlus

Võrdlemaks väldete taju ja nende realiseerimist kõnes, esitame tajukatsetest leitud kategooriapiirid ja akustiliste mõõtmiste tulemused ühtses V2 vs. V1 teljestikus eraldi L1 ja L2 rühma kohta (vt joonised 48 ja 49). Kategooriapiiridele vastavate vokaalikestuste väärtused pärinevad tabelist 33, kusjuures Q1-Q2 piiri (mõlema rühma puhul) esindavad katse 1 ja Q2-Q3 piiri (ainult L1 rühma puhul) katse 6 tulemused. Just neis katsetes kasutatud stiimulite põhitoonikontuur matkis loomuliku kõne põhitoonikontuuri ja seetõttu on nende katsete tajutulemused paremini võrreldavad akustiliste mõõtmiste tulemustega. Et mõlemas rühmas Q1-Q2 piiri sõltuvus V2 kestusest ei olnud statistiliselt oluline, siis on joonistel esitatud Q1-Q2 piirid V2 teljega paralleelselt ja piirile vastava V1 kestuseks on võetud katse 1 kahe stiimuliseeria keskmine. L2 rühma Q2-Q3 piiri määratlemine on problemaatiline, tajutulemustest lähtudes võib piiriks võtta V1 kestuse 160 ms, kuigi tegemist võib olla katse ülesehitusest tingitud piiriga (vt arutelu ptk 6.1.4). V1 ja V2 akustiliste mõõtmiste tulemused pärinevad tabelist 34.



Joonis 48. L1 rühma V1 ja V2 keskmised kestused Q1 (◆), Q2 (■) ja Q3 (○) sõnades (V1/V2 kestussuhte väärtus on esitatud sulgudes) ja standardhälbed (|—|), tajukatsetes 1 ja 6 leitud Q1-Q2 ning Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad V1 ja V2 väärtused (×) ning piiridele vastavad sirged (— —).

L1 rühma tulemuste esitusest (joonis 48) näeme, et vältevastanduste eristamine on tagatud nii häälduses kui tajus – Q1, Q2 ja Q3 sõnadest mõõdetud esi- ja järgsilbi vokaalikestused (koos vastava F0 kontuuriga) moodustavad kolm erinevat klastrit, mida eraldavad tajukatsetest leitud Q1-Q2 ja Q2-Q3 kategooriapiirid. L1 rühma tajus ja akustika andmete hea kooskõla on ootuspärane, sest vältevastanduste eristamine nii tajus kui kõnes on eesti keelt emakeelena kõneleva keelejuhi fonoloogilise süsteemi loomulik osa.



Joonis 49. L2 rühma V1 ja V2 keskmised kestused Q1 (◆), Q2 (■) ja Q3 (○) sõnades (V1/V2 kestussuhte väärtus on esitatud sulgudes) ja standardhälbed (|—|), tajukatsetes 1 ja 6 leitud Q1-Q2 ning Q2-Q3 kategooriapiiridele vastavad V1 ja V2 väärtused (×) ning piiridele vastavad sirged (---).

L2 rühma välde tajupiiride ja erivältest sõnadest mõõdetud vokaalikestuste paigutus V2 vs. V1 teljestikus erineb suuresti L1 rühmast (vrd jooniseid 48 ja 49). L2 rühma Q1-Q2 kategooriapiir tagab Q1 ja Q2 sõnade eristamise lähedasi L1 rühmaga, kuid tajukatses leitud Q2-Q3 kategooriapiir ning Q2 ja Q3 sõnadest mõõdetud vokaalikestused ei ole kuidagi vastavuses. Q2-Q3 tajupiir ei sõltunud V2 kestusest ja katses 6 paiknes see V1 kestuse 160 ms juures. Vokaalikestuste analüüs aga näitas, et Q2 ja Q3 sõnad ei eristu L2 häälduses oluliselt ei V1 ega V2 kestuse poolest – V1 kestus 148 ms (Q2) ja 149 ms (Q3) ja V2 kestus vastavalt 91 ms ja 88 ms (vt tabel 34). Kui L2 keelejuhid ei ole võimelised kõnes realiseerima Q2 ja Q3 sõnu eristavaid kestusmustrid, siis

tõenäoselt ei eksisteeri nende L2 fonoloogilises süsteemis ka kestusele (või kestussuhetele) tuginevat Q2-Q3 kategooriapiiri. Saime seega kinnitust ptk 6.1.4 esitatud hüpoteesile, et tajukatsetes leitud L2 rühma Q2-Q3 tajupiir ei ole tegelik kategooriapiir, vaid tegemist on kunstliku, katse ülesehitusest tingitud piiriga, mis kajastab L2 keelejuhtide tajustrateegiat – lühema V1 kestusega stiimulid liigitati valdavalt Q2-ks ja pikema V1 kestusega stiimulid valdavalt Q3-ks.

Vältetaju peatüki kokkuvõtteks võime tõdeda, et Q1 vs. Q2 kuuldelisel eristamisel ja ka häälduses olid L2 rühma tulemused lähedased L1 rühma tulemustele. Et vokaalikeskne Q1 vs. Q2 vastandus baseerub valdavalt esisilbi vokaali kestusvastandusel, siis on L2 keelejuhtide tajumehhanismid tõenäoselt samad, mis lühike vs. pikk kategooria katsetes (vt ptk 5.1.4).

Q2 vs. Q3 vastandus nii kõnes kui kuuldeliselt on L2 keelejuhtidele raske ülesanne, sest nende emakeele fonoloogilises süsteemis ei ole analoogiat, millele toetuda. Tõlgendades L2 rühma tulemusi Q2 vs. Q3 eristamisel tunnuse (McAllister jt 2002) ja desensibiliseerimise (Bohn 1995) hüpoteeside kontekstis, kalduvad need toetama esimest ja vastu vaidlema teisele:

- (1) vene keele fonoloogiline süsteem ei kasuta Q2 vs. Q3 vastanduses esinevat V1 ja V2 kestuste (ja põhitoonikontuuri) keerukat mustrit ja seetõttu ei ole L2 keelejuhid võimelised neid eristama,
- (2) kestusvariatsioonid ei osutunud Q2 vs. Q3 vastanduses piisavalt hästi tajutavaks akustiliseks tunnuseks, mida L2 keelejuhid oleksid võimelised tajuma sõltumata kestuse rollist emakeeles.

7. KOKKUVÕTE

Dokoritöös uuriti võrdlevalt vene ja eesti emakeelega keelejuhtide eesti vokaalikategooriate, lühike/pikk kategooria ja vältevastanduste tajutajade ning akustilisi tunnuseid ja nende vahelisi seoseid. Töö põhitulemused on kokkuvõtvalt järgmised.

Vokaalikategooriate tajutajad

Tajukatses leiti L1 ja L2 rühma vokaalikategooriate piirid 14 vokaalipaaris, katseks püstitatud hüpoteesid leidsid kinnitust.

L1 ja L2 rühma tajuerinevused vokaalide /i/, /e/, /u/, /o/ ja /a/ kategooria-piirides on väikesed ja valdavalt ebaolulised. Statistiliselt olulisteks osutusid kahe rühma erinevused nendes vokaalipaarides, mis sisaldasid L2 kuulaja jaoks uusi vokaalikategooriaid /ü/, /ö/, /ä/ ja /õ/.

L1 ja L2 rühma tulemused erinevad oluliselt vokaalikategooriate eristamisel vokaalipaarides /õ/-/ü/, /õ/-/ü/ ja /õ/-/ö/, sest L2 tajuruumis ühele emakeelsele vokaalikategooriale /i/ vastav piirkond on jagatud kolme uue L2 kategooria /ö/, /ü/ ja /õ/ vahel. L2 tajuruumis on uute vokaalikategooriate piirid oluliselt hägusamad L1 piiridest eelkõige vokaalide /õ/-/ü/-/ö/ siseruumis, L2 kategooria-piirid välisnaabritega (/u/, /o/, /a/, /ä/, /e/ ja /i/) hälbivad vastavatest L1 piiridest suhteliselt vähe.

Vokaalide akustiline analüüs

L1 ja L2 keelejuhtide vokaalide häälduse võrdlemiseks mõõdeti kahesilbiliste Q1, Q2 ja Q3 sõnade rõhulise silbi vokaalide formantsagedusi F1 ja F2. Mees- ja naiskeelejuhtide normaliseeritud formantsageduste võrdlus näitas, et L2 rühma vokaalide hääldus hälbib L1 rühmast enim vokaalide /ö/ ja /õ/ puhul nii F1 kui F2 teljel, L2 vokaalide /i/, /ü/ ja /o/ korral esineb oluline hälve ainult F2 telje suunal ja /ä/ puhul F1 telje suunal. Vokaalide /u/, /e/ ja /a/ erinevused L1 ja L2 rühmas ei ole statistiliselt olulised.

Vokaalikategooriate tajutajad ja akustilise analüüsi võrdlus

Vokaalide tajutajad ja häälduse võrdlus kinnitas SLM hüpoteesi, mille kohaselt vastab hääliku hääldus tema foneetilise kategooria omadustele tajuruumis, st L2 häälduses hälbisid enim vokaalid, mille kategooria-piirid hälbisid rohkem ka tajukatses. Olulisim erinevus ilmnis vokaalide /õ/ ja /õ/ puhul – kõik L2 kuulajad tajusid korrektselt /õ/-/õ/ jada äärmisi stiimuleid, kuid L2 häälduses on /õ/ ja /õ/ F2 telje suunal vahetanud oma kohad, st /õ/ on eespoolsem ja kõrgem kui /õ/. Tegemist on fonoloogilise asümmeetrilise nähtusega.

Lühike vs. pikk kategooria taju

Katsematerjal koosnes kolmest seeriast, milles lühike vs. pikk vastandus esines kolmes kontekstis: (1) isoleeritud vokaalides: V vs. VV, (2) CVC-segmen-dis: CVC vs. CVVC ja (3) kahesilbilistes sõnades: CVCV vs. CVVCV. L1 ja L2 keelejuhtide tajuerinevused ilmnisid kõigis katseseeriates – L1 rühma lühike vs. pikk kategooriapiir esines alati väiksema vokaalikestuse juures võrreldes L2 rühmaga. Vene keel ei kasuta kestust kontrastiivselt, kuid vaatamata sellele said L2 keelejuhid kestuskategooriate eristamisega hästi hakkama. Võimalikud L2 tajumehhanismide selgitused on järgmised: (1) L2 keelejuhtide taju ei ole kategoriaalne vaid pidev, eristades stiimuleid nende absoluutse kestuse alusel. L2 lühike/pikk kategooriapiiri puhul on tegemist loomuliku psühhofüsioloogi-lise piiriga, mitte tegeliku lühike vs. pikk kategooriapiiriga; (2) L2 keelejuhid toetusid vokaalide kestuse suurele variatiivsusele emakeeles ja kasutasid lühikese kestuskategooria etalonina vene keele tüüpilise rõhulise vokaali kestust ning klassifitseerisid pikaks vokaaliks need stiimulid, mille kestus ületas märgatavalt nende emakeelse rõhulise vokaali kestusetaloni; (3) L2 keelejuhtide tulemused kajastasid lühike vs. pikk kategooriate õpitud tajumustreid, mis on kujunenud eesti keele õppimise käigus ja ümbritseva keelekeskkonna toel.

Vokaalikestuste akustiline analüüs

Mõõdeti L1 ja L2 keelejuhtide esisilbi vokaalide kestusi kahesilbilistes Q1, Q2 ja Q3 sõnades, mis esindasid vokaalikeskse vältevastandusega struktuure CVCV, CVVCV ja CVV:CV. Normaliseeritud vokaalikestuste võrdlus näitas, et (1) L1 rühma esisilbi vokaalikestused on kolmes struktuuris statistiliselt erinevad, L2 rühma vokaalikestused erinevad Q1 ja Q2 sõnades, kuid mitte Q2 ja Q3 sõnades; (2) L1 ja L2 rühma kestuserinevused Q1 ja Q2 sõnades on väikesed ning statistiliselt ebaolulised, Q3 sõnade vokaalikestused kahes rühmas erinevad oluliselt; (3) lühike vs. pikk vastandus kõneproduktsoonis realiseerub kahes rühmas erinevalt: L1 rühma puhul on pikk/lühike kestussuhe 1,6 (Q2/Q1) kuni 1,9 (Q3/Q1), L2 rühmas on see 1,4 mõlemal juhul.

Vokaalikestuste võrdlus lühike vs. pikk tajutulemustega

L1 rühma puhul jäävad Q1 sõnadest mõõdetud esisilbi vokaalikestused kindlalt allapoole lühike/pikk kategooriapiiri ja Q2 ning veelgi enam Q3 sõnade esisilbi vokaalikestused ületavad kategooriapiiri piisava varuga.

L2 rühma häälduses on lühike/pikk kategooria kestuserinevused väikse-mad – Q1 esisilbi vokaalikestused jäävad küll valdavalt allapoole lühike/pikk kategooriapiiri ja Q2 ning Q3 sõnades mõõdetud vokaalikestused ületavad selle napilt.

L1 kõnes on lühike vs. pikk fonoloogilise kategooria vastandus paremini esile toodud ja seega kuuldeliselt paremini tajutav kui L2 kõnes.

Vältekategooriate taju

Vältetaju katse koosnes kuuest katseseeriast, milles varieeriti CVCV struktuuriga stiimulite põhitooni ja esi- ning järgsilbi vokaalide kestust.

Q1 vs. Q2 eristamisel on L1 ja L2 rühma puhul kõige olulisemaks faktoriks esisilbi vokaali (V1) kestus, teise silbi vokaali (V2) kestus ei osutunud oluliseks kummagi rühma jaoks; põhitooni roll osutus nõrgalt oluliseks ainult L1 rühma jaoks. Q1-Q2 kategooriapiirile vastavad esisilbi vokaali kestused ja V1/V2 kestussuhted on L1 ja L2 rühmas lähedased (L1: V1 = 115–120 ms, V1/V2 = 0,7–0,9; L2: V1 = 120–124 ms, V1/V2 = 0,8–0,9).

Q2 vs. Q3 katsetes erinesid L1 ja L2 rühma tulemused märkimisväärselt.

L1 rühma tajuoostustusi mõjutasid V1 ja V2 kestus ning põhitoonikontuuri kulg, vältekategooria muutust tajuti V2 kestuse muutudes nendes stiimulijadades, kus muud faktorid (V1 kestus ja põhitoon) seda võimaldasid; Q2-Q3 kategooriapiirile vastava V2 kestuse väärtus ja V1/V2 kestussuhe ei ole absoluutsed, vaid need varieerusid suurtes piirides sõltuvalt V1 kestusest ja põhitoonikontuurist: katses 4 (F0 = Q2 kontuur, V1 = 160 ms): V2 = 59 ms ja V1/V2 = 2,7 ning katses 3 (F0 = monotoonne, V1 = 180 ms): V2 = 128 ms ja V1/V2 = 1,4. V1/V2 kestussuhe üksi ei võimalda prognoosida Q2 vs. Q3 otsust, seda mõjutab oluliselt ka F0 kontuuri kuju; naaberhäälikute kestussuhtel põhinev vältekäsitlus ei tööta kuigi hästi Q2 vs. Q3 vastanduste eristamisel.

L2 rühma jaoks on Q2 vs. Q3 eristamisel peamiseks faktoriks esisilbi vokaali kestus (V1 osutus statistiliselt oluliseks kõigis katsetes) – lühema V1 kestusega stiimuleid tajuti valdavalt Q2-na, pikema V1 kestusega stiimuleid aga Q3-na, V2 kestus ja põhitoonikontuur ei osutunud L2 rühmas statistiliselt olulisteks faktoriteks. L2 rühma Q2-Q3 kategooriapiir esines V1 kestuse 160 ms puhul, kuid see näiline kategooriapiir on tõenäoliselt tingitud katsemetoodikast ja katsealuste vastamisstrateegiast.

Väldete akustiline analüüs

Akustiliseks analüüsiks kasutati kahesilbilisi Q1, Q2 ja Q3 sõnu L1 ja L2 keelejuhtide loetud lausetest, mõõdeti kõigi segmentide kestused ning arvutati välteid iseloomustavad kestussuhted V1/V2, V1/C1 ja V2/C2.

L1 rühma puhul on V1 keskmised kestused 82 ms, 144 ms ja 174 ms vastavalt Q1, Q2 ja Q3 puhul, V2 kestused on pöördvõrdelised V1 kestusega, vastavalt 112 ms, 85 ms ja 61 ms (kestuserinevused on statistiliselt olulised). V1/V2 kestussuhted (Q1: 0,7, Q2: 1,7 ja Q3: 2,8) on statistiliselt erinevad ja lähedased varasemates uuringutes leitud väärtustele; ka V1/C1 ja V2/C2 suhted on oluliselt erinevad kõigis vältevastandustes.

L2 rühma puhul on V1 kestused 94 ms (Q1), 148 ms (Q2) ja 149 ms (Q3), V2 kestuserinevused on välteti marginaalsed: 97 ms (Q1), 91 ms (Q2) ja 88 ms (Q3) ning statistiliselt ebaolulised. V1/V2 suhe (Q1: 1,0, Q2: 1,7 ja Q3: 1,7) on Q1 ja Q2 puhul lähedane L1 vastavatele suhetele, kuid hälbib oluliselt L1-st Q3

puhul. V1/C1 ja V2/C2 suhted on L2 rühmas Q1 ja Q2 puhul lähedased L1-le, kuid hälbivad oluliselt Q3 puhul.

Väldete akustilise analüüsi ja tajutulemuste võrdlus

L1 rühma taju ja akustilise analüüsi tulemused on vastavuses – Q1, Q2 ja Q3 sõnadest mõõdetud esi- ja järgsilbi vokaalikestused (koos vastava F0 kontuuriga) moodustavad kolm erinevat klastrit, mida eraldavad tajukatsetest leitud Q1-Q2 ja Q2-Q3 kategooriapiirid.

L2 rühma Q1-Q2 kategooriapiir tagab Q1 ja Q2 sõnade eristamise lähedaselt L1 rühmaga, Q2-Q3 kategooriapiir ja Q2 ning Q3 sõnadest mõõdetud vokaalikestused ei ole aga omavahel vastavuses. Q2-Q3 tajupiir asub V1 kestuse 160 ms juures, kuid Q2 ja Q3 sõnadest mõõdetud vokaalikestused jäävad sellest väiksemaks (Q2: V1 = 148 ms, Q3: V1 = 149 ms). L2 keelejuhid ei ole võimalised kõnes realiseerima Q2 ja Q3 sõnu eristavaid kestusmustreid ja nende Q2-Q3 kategooriapiiri V1 = 160 ms juures ei ole tegelik kategooriapiir, vaid tegemist on katse ülesehitusest tingitud kunstliku piiriga, mis kajastab L2 keelejuhtide tajustrateegiat.

L2 rühma tulemused Q2 vs. Q3 eristamisel toetavad tunnuse hüpoteesi – vene keele fonoloogiline süsteem ei kasuta Q2 vs. Q3 vastanduses esinevat V1 ja V2 kestuste (ja põhitoonikontuuri) keerukat mustrit ja seetõttu ei ole L2 keelejuhid võimalised neid eristama. Samas ei kinnita tulemused desensibiliseerimise hüpoteesi – kestusvariatsioonid ei osutunud Q2 vs. Q3 vastanduses piisavalt hästi tajutavaks akustiliseks tunnuseks, mida L2 keelejuhid oleksid võimalised tajuma sõltumata kestuse rollist emakeeles.

Käesolev väitekiri on teadaolevalt esimene vene aktsendiga eestikeelse kõne põhjalikum uuring, mis hõlmab nii taju kui ka akustikat ja nende vahelisi seoseid. See on oluline samm eesti keele kui võõrkeele eksperimentaalfoneetilises uurimises, sest väitekirjas väljatöötatud metoodika ja loodud teksti- ning stiimulikorpused on rakendatavad eestikeelse kõne uurimiseks sõltumata keelejuhtide emakeelest.

Töö tulemused on valdavalt kooskõlas tuntud aktsendimudelitega PAM-L2 ja SLM ning on osaliselt tõlgendatavad desensibiliseerimise hüpoteesi ja tunnuse hüpoteesi kontekstis. Lisaks tulemuste teoreetilisele uudsusele on neil ka praktiline väärtus, osundades selgesti vajadusele arendada eesti keele kui võõrkeele õpetamise metoodikat eesti vokaalikategooriate ja Q2 vs. Q3 vältevastanduste paremaks omandamiseks nii taju kui häälduses.

DOKTORITÖÖGA SEOTUD PUBLIKATSIOONID

1. Meister, Lya, Meister, Einar 2005. Acoustic correlates of Russian accent in Estonian. – SPECOM 2005: 10th International Conference Speech and Computer, Proceedings, eds. G. Kokkinakis, N. Fakotakis, E. Dermatas, R. Potapova. Patras: University of Patras, 437–440.
2. Meister, Lya 2006a. Vene aktsent eesti keeles: akustilise analüüsi tulemusi. – Eesti Rakenduslingvistika Ühingu aastaraamat 2 = Estonian papers in applied linguistics 2, toim. H. Metslang, M. Langemets. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 131–152.
3. Meister, Lya 2006b. Assessment of the degree of foreign accent: a pilot study. – Fonetiikan Päivät 2006 = The Phonetics Symposium 2006, eds. R. Aulanko, L. Wahlberg, M. Vainio. Helsinki: University of Helsinki, Publications of the Department of Speech Sciences, University of Helsinki, 53, 113–119.
4. Meister, Lya 2007. Perceptual assessment of the degree of Russian accent. – Proceedings of the 16th Nordic Conference of Computational Linguistics NODALIDA-2007, eds. Nivre, J. et al. Tartu: University of Tartu, 2007, 345–348.
5. Meister, Lya, Meister, Einar 2007. Perceptual assessment of Russian-accented Estonian. – Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences, 6–10 August 2007, Saarbrücken Germany: Saarbrücken: Universität des Saarlandes, 2007, 1717–1720.
6. Meister, Lya 2009. Eesti vokaalikategooriate piirid vene ja eesti emakeelega kõnelejate tajuruumis. – Eesti Rakenduslingvistika Ühingu aastaraamat 5 = Estonian Papers in Applied Linguistics 5: toim. H. Metslang, M. Langemets, M-M. Sepper, R. Argus. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 143–156.
7. Meister, Lya, Meister, Einar 2010. Perception of Estonian vowel categories by native and non-native speakers. – Proceedings of INTERSPEECH 2010, September 26–30, 2010, Makuhari, Chiba, Japan, 1870–1873.
8. Meister, Lya, Meister, Einar 2011a. Perception of the short vs. long phonological category in Estonian by native and non-native listeners. – Journal of Phonetics, 39(2), 212–224.
9. Meister, Lya, Meister, Einar 2011b. Production and perception of Estonian vowels by native and non-native speakers. – Proceedings of INTERSPEECH 2011, August 27–31, Florence, Italy, 1149–1152.
10. Pajupuu, Hille, Kerge, Krista, Meister, Lya, Asu, Eva Liina, Alp, Pilvi 2010. Natural speaking and how to assess it. – Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences, 59(2), 120–140.

KIRJANDUS

- Adank, Patti, Smits, Roel, van Hout, Roeland 2004. A comparison of vowel normalization procedures for language variation research. – *Journal of the Acoustical Society of America* 116, 3099–3107.
- Argus, Reili 2008. Eesti keele muutemorfoloogia omandamine. Tallinna Ülikool, Humanitaarteaduste dissertatsioonid 19. TLÜ Kirjastus.
- Ariste, Paul 1939. A quantitative language. – *Proceedings of the Third International Congress of Phonetic Sciences*, Ghent, 276–280.
- Asu, Eva Liina, Lippus, Pärtel, Teras, Pire, Tuisk, Tuuli 2009. The realization of Estonian quantity characteristics in spontaneous speech. – *Nordic Prosody. Proceedings of the Xth Conference*, eds. M. Vainio, R. Aulanko, O. Aaltonen. Frankfurt: Peter Lang Verlag, 49–56.
- Barry, William 1989. Perception and production of English vowels by German learners: Instrumental-phonetic support in language teaching. – *Phonetica*, 46, 155–168.
- Best, Catherine T., Tyler, Michael D. 2007. Nonnative and second language speech perception: Commonalities and complementarities. – *Second language speech learning: The role of language experience in speech perception and production*, eds. M. J. Munro, O.-S. Bohn. Amsterdam: John Benjamins, 13–34.
- Best, Catherine T. 1995. A direct realist perspective on cross-language speech perception. – *Speech perception and linguistic experience: Theoretical and methodological issues in cross-language speech research*, ed. W. Strange. York Press, Timonium, 171–203.
- Best, Catherine T. 1994a. The emergence of native-language phonological influence in infants: A perceptual assimilation model. – *The Development of Speech Perception: The Transition from Speech Sounds to Spoken Words*, eds. J. Goodman, H. Nusbaum. Cambridge, MA: MIT Press, 167–224.
- Best, Catherine T. 1994b. Learning to perceive the sound pattern of English. – *Advances in Infancy Research*, eds. C. Rovee-Collier, L. Lipsitt. Ablex, Norwood, NJ., 217–304.
- Birdsong, David, Molis, Michelle 2001. On the evidence for maturational constraints in second language acquisition. – *Journal of Memory and Language*, 44, 235–249.
- Birdsong, David 2007. Nativelike pronunciation among late learners of French as a second language. – *Language Experience in Second Language Speech Learning*, eds. O.-S. Bohn, M. Munro. Amsterdam: John Benjamins, 99–116.
- Birdsong, David 2006. Age and second language acquisition and processing: A selective overview. – *Language Learning*, 56, 9–49.
- Bohn, Ocke-Schwen, Flege, James 1990. Interlingual identification and the role of foreign language experience in L2 vowel perception. – *Applied Psycholinguistics* 11, 303–328.
- Bohn, Ocke-Schwen 1995. Cross-language speech perception in adults: First language transfer doesn't tell it all. – *Speech perception and linguistic experience. Issues in cross-language research*, ed. W. Strange. Baltimore: York Press, 279–304.
- Bohn, Ocke-Schwen, Munro, Murray J. (eds) 2007. *Language experience in second language learning*. In honor of James Emil Flege. John Benjamins Publishing Company. Amsterdam/Philadelphia.

- Bolotova, Olga 2003. On some acoustic features of spontaneous speech and reading in Russian (quantitative and qualitative comparison methods). – *Proceedings of XV ICPhS, Barcelona*, 913–916.
- Bolotova 2005 = Болотова, Ольга Борисовна 2005. Гласные в спонтанной речи при чтении связного текста (экспериментально-фонетическое исследование на материале русского языка). Диссертация, Санкт-Петербург.
- Boersma, Paul, Weenink, David 2009. Praat: doing phonetics by computer (Version 5.2.03). <http://www.praat.org/> (15.05.2010).
- Bondarko 1998 = Бондарко Лия Васильевна 1998. Фонетика современного русского языка. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет.
- Bondarko 1977 = Бондарко Лия Васильевна 1977. Звуковой строй современного русского языка. Москва: Просвещение.
- Bondarko jt 2000 = Бондарко Лия Васильевна, Вербицкая Людмила Алексеевна, Гордина Мирра Вениаминовна 2000. Основы общей фонетики. Санкт-Петербург: Филологический факультет Санкт-Петербургского государственного университета.
- Bondarko, Lija V, Volskaya, Nina, Tananaiko, Svetlana, Vasilieva, Ludmila 2003. Phonetic Properties of Russian Spontaneous Speech. – *Proceedings of XV ICPhS, Barcelona*, 2973–2976.
- Bondarko, Verbitskaja 1987 = Бондарко Лия Васильевна, Вербицкая Людмила Алексеевна 1987. Интерференция звуковых систем. Ленинград: Издательство Ленинградского Университета.
- Bondarko jt 1966 = Бондарко Лия Васильевна, Вербицкая Людмила Алексеевна, Зиндер, Лев Рафаилович, Павлова, Л. П. 1966. Различаемые звуковые единицы русской речи. – *Механизмы речеобразования и восприятия сложных звуков*. Наука, Москва, Ленинград, 165–179.
- Bongaerts, Theo, Planken, Brigitte, Schils, Erik 1995. Can late starters attain a native accent in a foreign language? A test of the critical period hypothesis. – *The Age Factor in Second Language Acquisition*, eds. D. Singleton Z. Lengyel. Clevedon, GB: Multilingual Matters Limited, 30–50.
- Borden, Gloria, Gerber, Adele, Milsark, Gary 1983. Production and perception of the /r/-/l/ contrast in Korean adults learning English. – *Language Learning* 33, 499–526.
- Cheour, Marie, Ceponiene, Rita, Lehtokoski, Anne, Luuk, Aavo, Allik, Jüri, Alho, Kimmo, Näätänen, Risto 1998. Development of language-specific phoneme representations in the infant brain. – *Nature Neuroscience*, 1, 351–353.
- Cooper, Franklin S., Delattre, Pierre C.; Liberman, Alvin M., Borst, J. M., Gerstman, L. J. 1952. Some experiments on the perception of synthetic speech sounds. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 24, 597–606.
- Creelman, C. Douglas 1962. Human discrimination of auditory durations. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, 582–593.
- De Silva, Viola 1999. Quantity and quality as universal and specific features of sound systems. Experimental phonetic research on interaction of Russian and Finnish sound systems. *Studia Philologica Jyväskyläensia* 48. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- De Silva, Viola, Iivonen, Antti, Bondarko, Lija V., Pols, Louis 2003. Common and language dependent phonetic differences between read and spontaneous speech in Russian, Finnish and Dutch. – *Proceedings of XV ICPhS, Barcelona*, 2977–2980.

- Dupoux, Emmanuel, Peperkamp, Sharon 2002. Fossil markers of language development: phonological deafnesses in adult speech processing. – *Phonetics, Phonology, and Cognition*, eds. B. Laks, J. Durand. Oxford: Oxford University Press, 168–190.
- Eek, Arvo 1974. Observations on the duration of some word structures: I. – *Estonian Papers in Phonetics*, 18–31.
- Eek, Arvo 1987. The perception of word stress: A comparison of Estonian and Russian. – *Honor of Ilse Lehiste*. Ilse Lehiste Pühendusteos, eds. R. Channon, L. Shockey. Foris Publications, Dordrecht, Holland/Providence, USA, 19–32.
- Eek, Arvo 1994. Studies on quantity and stress in Estonian. Tartu (*Dissertationes Philologiae Estonicae Universitatis Tartuensis* 4).
- Eek, Arvo 2008. Eesti keele foneetika I. Tallinna Tehnikaülikool, Küberneetika Instituut.
- Eek, Arvo, Meister, Einar 1994. Acoustics and perception of Estonian vowel types. – *Phonetic Experimental Research, Institute of Linguistics, University of Stockholm (PERILUS) No. XVIII*, Stockholm, 55–90.
- Eek, Arvo, Meister, Einar 1997. Simple perception experiments on Estonian word prosody: foot structure vs. segmental quantity. – *Estonian Prosody: Papers from a Symposium*, eds. I. Lehiste, J. Ross. Tallinn: Institute of Estonian Language, 71–99.
- Eek, Arvo, Meister, Einar 1998. Quality of standard Estonian vowels in stressed and unstressed syllables of the feet in three distinctive quantity degrees. – *Linguistica Uralica*, 3(34), 226–233.
- Eek, Arvo, Meister, Einar 2003. Foneetilisi katseid ja arutlusi kvantiteedi alalt (I). Häälikukestusi muutvad kontekstid ja välde. – *Keel ja Kirjandus*, 11–12, 815–837, 904–918.
- Eimas, Peter D., Miller, Joanne L., Jusczyk, Peter W. 1987. On infant speech perception and the acquisition of language. – *Categorical Perception: The Groundwork of Cognition*, ed. S. Harnard. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 161–195.
- Escudero, Paola, Boersma, Paul 2002. The subset problem in L2 perceptual development: Multiple-category assimilation by Dutch learners of Spanish. – *Proceedings of the 26th Annual Boston University Conference on Language Development*, eds. B. Skarabela, S. Fish, A.H.-J. Do., 208–219.
- Fant, Gunnar 1970. Description and analysis of contemporary standard Russian. Acoustic theory and speech production with calculations based on X-ray studies of Russian articulations. The Hague: Mouton.
- Flege, James E. 1984. The detection of French accent by American listeners. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 76, 692–707.
- Flege, James E. 1991. The interlingual identification of Spanish and English vowels: Orthographic evidence. – *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 701–731.
- Flege, James E. 1993. Production and perception of a novel, second-language phonetic contrast. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 1589–1608.
- Flege, James E. 1995. Second Language Speech Learning: Theory, Findings, and Problems. – *Speech Perception and Linguistic Experience: Issues in Cross-Language Research*, ed. W. Strange. Timonium: York Press, 233–275.
- Flege, James, Munro, Murray, Fox, Robert 1994. Auditory and categorical affects on cross-language vowel perception. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 3623–3641.
- Gick, Bryan, Wilson, Ian; Koch, K.; Cook, C. 2004. Language-specific articulatory settings: Evidence from inter-utterance rest position. – *Phonetica* 61, 220–233.

- Hayes-Harb, Rachel 2005. Optimal L2 speech perception: Native speakers of English and Japanese consonant length contrasts. – *Journal of Language and Linguistics*, 4, 1–29.
- Hayes, Bruce 1995. *Metrical stress theory: principles and case studies*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Jenner, Bryan 2001. ‘Articulatory setting’: Genealogies of an idea. – *Historiographia Linguistica* XXVIII, 121–141.
- Johnson, Jacqueline S., Newport, Elissa L. 1989. Critical period effects in second language learning: The influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. – *Cognitive Psychology*, 21, 60–99.
- Kalvik, Mari-Liis, Mihkla, Meelis 2010. Modelling the temporal structure of Estonian speech. – *Human Language Technologies. The Baltic Perspective: Proceedings of the Fourth International Conference, Baltic HLT 2010*, eds. I. Skadina, A. Vasilje vs. Amsterdam: IOS Press, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 219, 53–60.
- Klatt, Dennis H. 1976. Linguistic uses of segmental duration in English: acoustic and perceptual evidence. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 59, 1208–1221.
- Klatt, Dennis H. 1980. Software for a cascade/parallel formant synthesizer. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 67, 971–995.
- Kolosov 1971 = Колосов К.М. 1971. К вопросу об артикуляционной базе языка. – Теоретические проблемы фонетики и обучение произношению. М., 1971, 36–60.
- Krivnova, Kuznetsova 1980 = Кривнова Ольга Ф., Кузнецова В.Б. 1980. О фонетической природе признака твердости-мягкости согласных в русском языке. – Проблемы теории и истории русского языка. Изд-во Московского университета, 37–67.
- Krull, Diana 1997. Prepausal lengthening in Estonian: Evidence from Conversational speech. – *Estonian Prosody: Papers from a Symposium*, eds. I. Lehist, J. Ross. Tallinn: Institute of Estonian Language, 136–148.
- Kuhl, Patricia K., Miller, J. D. 1978. Speech perception by the chinchilla: Identification functions for synthetic VOT stimuli. – *The Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 905–917.
- Kuhl, Patricia K. 1991. Human adults and human infants show a “perceptual magnet effect” for the prototypes of speech categories, monkeys do not. – *Perception & Psychophysics*, 50, 93–107.
- Kuhl, Patricia K., Williams, K. A., Lacerda, Francisco, Stevens, K. N., Lindblom, B. 1992. Linguistic experience alters phonetic perception in infants by six months of age. – *Science*, 255/5044, 606–608.
- Kuhl, Patricia K., Iverson, Paul 1995. Linguistic experience and the “perceptual magnet effect”. – *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*, ed. W. Strange. Baltimore, MD: York Press, 121–154.
- Kulešov, Mišin 1987 = Кулешов, Владимир Васильевич, Мишин, Александр Борисович 1987. Сопоставление артикуляционных баз английского и русского языков и фонетическая интерференция. М.: МГУ.
- Kuznetsov, Vladimir B. 2001. Spectral dynamics and classification of Russian vowels. – XI Session of the Russian Acoustical Society. Moscow, November 19–23, 2001, 439–442.

- Kuznetsov, Vladimir B., Ott, Arvo 1987. Spectral properties of Russian stressed vowels in the context of palatalized and nonpalatalized consonants. – Proceedings of the XI-th International Congress of Phonetic Sciences, Tallinn, Vol.3, 117–120.
- Kuznetsova 1975 = Кузнецова, А.М. 1975. Вопросы интерференции и типологии фонетических явлений. – Теоретическая фонетика и обучение произношению. М., 152–158.
- Labov, William, Ash, Sharon, Boberg, Charles 2006. The Atlas of North American English: Phonology, Phonetics, and Sound Change. A Multimedia Reference Tool. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Lacerda, Francisco 1995. The perceptual-magnet effect: an emergent consequence of exemplar-based phonetic memory. – Proceedings of the XIII-th International Congress of Phonetic Sciences, Stockholm, Vol.2, 140–147.
- Ladefoged, Peter 1983. The linguistic use of different phonation types. Vocal fold physiology: Contemporary research and clinical issues, eds. D. Bless, J. Abbs. San Diego: College Hill Press, 351–360.
- Lado, Robert 1957. Linguistics across Cultures: Applied Linguistics for Language Teachers. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Lehiste, Ilse 1960. Segmental and syllabic quantity in Estonian. – American Studies in Uralic Linguistics 1, Bloomington: Indiana University Press, 21–82.
- Lehiste, Ilse 1970. Suprasegmentals. Cambridge (Massachusetts), London (England): The MIT Press.
- Lehiste, Ilse 1997. Search for Phonetic Correlates in Estonian Prosody. – Estonian Prosody: Papers from a Symposium, eds. I. Lehiste, J. Ross. Tallinn: Institute of Estonian Language, 11–35.
- Lenneberg, Eric H. 1967. The Biological Foundation of Language. New York: John Wiley.
- Liberman, Alvin M., Harris, Katherine Safford, Hoffman, Howard S., Griffith, Belver C. 1957. The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. – Journal of Experimental Psychology 54 (5), 358–368.
- Liiv, Georg 1961. Eesti keele kolme vältusastme vokaalide kestus ja meloodiatüübid. – Keel ja Kirjandus, 412–424, 480–490.
- Liiv, Georg, Remmel, Mart 1970. On acoustic distinctions in Estonian vowel System. – Soviet Fenno-Ugric Studies 6, 7–23.
- Lippus, Pärtel 2010. Variation in Vowel Quality as a Feature of Estonian Quantity. – Speech Prosody 2010, eds. M. Hasegawa-Johnson, A. Bradlow, J. Cole, K. Livescu, J. Pierhumbert, C. Shin. Chicago, USA, x–x.
- Lippus, Pärtel, Pajusalu, Karl, Allik, Jüri 2011. The role of pitch cue in the perception of the Estonian long quantity. – Prosodic Categories: Production, Perception and Comprehension, eds. S. Frota, G. Elordieta, P. Prieto. Springer, 231–242.
- Lippus, Pärtel, Pajusalu, Karl 2009. Regional variation in the perception of Estonian quantity. – Nordic Prosody. Proceedings of the Xth Conference, eds. M. Vainio, R. Aulanko, O. Aaltonen. Frankfurt: Peter Lang Verlag, 151–157.
- Lippus, Pärtel, Pajusalu, Karl, Allik, Jüri 2009. The tonal component of Estonian quantity in native and non-native perception. – Journal of Phonetics, 37, 388–396.
- Ljubimova 1985 = Любимова Нина Александровна 1985. Фонетическая интерференция. Л.: ЛГУ.
- Ljubimova 1977 = Любимова Нина Александровна 1977. Обучение русскому произношению. Москва: Русский язык.

- Ljublinskaja, Slepokurova 1977 = Люблинская, В. В., Слепокурова, Н. А. 1977. Восприятие гласноподобных звуков с изменяющимся во времени спектром. – Физиология человека. Т.3. №1, 77–84.
- Llisteri, Joaquim 1995. Relationships between speech production and speech perception in a second language. – Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences, Stockholm, Vol 4, 92–99.
- Lobanov, Boris M. 1971. Classification of Russian vowels spoken by different listeners. – Journal of the Acoustical Society of America 49, 606–08.
- Long, Michael H. 1990. Maturational constraints on language development. – Studies in Second Language Acquisition, 12, 251–285.
- Lotto, Andrew J. 2000. Reply to “An analytical error invalidates the ‘depolarization’ of the perceptual magnet effect”. – Journal of the Acoustical Society of America, 107, 3578–3580.
- Lotto, Andrew J., Kluender, Keith R., Holt, Lori L. 1998. Depolarizing the perceptual magnet effect. – Journal of the Acoustical Society of America, 103, 3648–3655.
- Lotto, Andrew, Holt, Lori 2006. Putting phonetic context effects into context: A commentary on Fowler (2006). – Perception & Psychophysics, 68, 178–183.
- Major, Roy C. 2001. Foreign Accent: The Ontogeny and Phylogeny of Second Language Phonology. Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- McAllister, Robert, Flege, James E., Piske, Thorsten 2002. The influence of L1 on the acquisition of Swedish quantity by native speakers of Spanish, English and Estonian. – Journal of Phonetics, 30, 229–258.
- McMurray, Bob (ilmumas). KlattWorks: A [somewhat] new systematic approach to formant-based speech synthesis for empirical research.
- Meister, Lya 2005. Vene aktsent eesti keeles. Akustiline analüüs. Magistritöö. Tallinna Pedagoogikaülikool.
- Meister, Lya 2006a. Vene aktsent eesti keeles: akustilise analüüsi tulemusi. – Eesti Rakenduslingvistika Ühingu aastaraamat 2 = Estonian papers in applied linguistics 2, toim. H. Metslang, M. Langemets. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 131–152.
- Meister, Lya 2006b. Assessment of the degree of foreign accent: a pilot study. – Fonetiikan Päivät 2006 = The Phonetics Symposium 2006, eds. R. Aulanko, L. Wahlberg, M. Vainio. Helsinki: University of Helsinki, Publications of the Department of Speech Sciences, University of Helsinki, 53, 113–119.
- Meister, Lya 2007. Perceptual assessment of the degree of Russian accent. – Proceedings of the 16th Nordic Conference of Computational Linguistics NODALIDA-2007, eds. Nivre, J. jt. Tartu: University of Tartu, 2007, 345–348.
- Meister, Lya 2009. Eesti vokaalikategooriate piirid vene ja eesti emakeelega kõnelejate tajuruumis. – Eesti Rakenduslingvistika Ühingu aastaraamat 5 = Estonian Papers in Applied Linguistics 5: toim. H. Metslang, M. Langemets, M-M. Sepper, R. Argus. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 143–156.
- Meister, Lya, Meister, Einar 2005. Acoustic correlates of Russian accent in Estonian. – SPECOM 2005: 10th International Conference Speech and Computer, Proceedings, eds. G. Kokkinakis, N. Fakotakis, E. Dermatas, R. Potapova. Patras: University of Patras, 437–440.
- Meister, Lya, Meister, Einar 2007. Perceptual assessment of Russian-accented Estonian. – Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences, 6–10 August 2007, Saarbrücken Germany: Saarbrücken: Universität des Saarlandes, 2007, 1717–1720.

- Meister, Lya, Meister, Einar 2010. Perception of Estonian vowel categories by native and non-native speakers. – Proceedings of INTERSPEECH 2010, September 26–30, 2010, Makuhari, Chiba, Japan, 1870–1873.
- Meister, Lya, Meister, Einar 2011a. Perception of the short vs. long phonological category in Estonian by native and non-native listeners. – *Journal of Phonetics*, 39(2), 212–224.
- Meister, Lya, Meister, Einar 2011b. Production and perception of Estonian vowels by native and non-native speakers. – Proceedings of INTERSPEECH 2011, August 27–31, Florence, Italy, 1149–1152.
- Mennen, Ineke, De Leeuw, Ester, Scobbie, James M., Schaeffler, Felix, Schaeffler, Sonja 2010. Measuring language-specific phonetic settings. – *Second Language Research*, 26 (1), 13–41.
- Mihkla, Meelis 2007. Kõne ajalise struktuuri modelleerimine eestikeelsele tekst-kõne sünteesile – Modelling the temporal structure of speech for the Estonian text-to-speech synthesis. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Munro, Murray 2006. Perspectives on foreign-accented speech: issues, methods, and findings. [Ettekanne seminaril Workshop on Variation in Speech Production and Perception, August 4.–6., 2006, Trondheim].
- Nearey, Terrance M. 1977. *Phonetic Feature Systems for Vowels*. Dissertation, University of Alberta. Reprinted 1978 by the Indiana University Linguistics Club.
- Neufeld, Gerhard G. 1988. Phonological asymmetry in second language learning and performance. – *Language Learning* 38, 531–559.
- Pajupuu, Hille 2000. Eesti vokaalid kõnes.
<http://www.eki.ee/teemad/akustika/vokaalid.html> (01.08.2010)
- Pajupuu, Hille, Kerge, Krista, Meister, Lya, Asu, Eva Liina, Alp, Pilvi 2010. Natural speaking and how to assess it. – *Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences*, 59(2), 120–140.
- Piske, Thorsten, Young-Scholten, Martha (eds.) (2009). *Input matters in SLA*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Polivanov, Evgeni D. 1931. La perception des sons d’une langue étrangère. – *Travaux du Cercle linguistique de Prague*, 4, 79–96.
- Polka, Linda, Werker, Janet F. 1994. Developmental changes in perception of nonnative vowel contrasts. – *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 421–435.
- Polka, Linda, Bohn, Ocke-Schwen 1996. A cross-language comparison of vowel perception in English-learning and German-learning infants. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 577–592.
- Remijsen, Bert, Gilley, Leoma 2008. Why are three-level vowel length systems rare? Insights from Dinka (Luanyjang dialect). – *Journal of Phonetics*, 36(2), 318–344.
- Repp, Bruno, Liberman, Alvin 1987. Phonetic category boundaries are flexible. *Categorical Perception*. – *The Groundwork of Cognition*, ed. S. Harnad. Cambridge University Press, 89–112.
- Saville-Troike, Muriel 2007. *Introducing Second Language Acquisition*. Cambridge University Press.
- Selinker, Larry 1972. Interlanguage. – *International Review of Applied Linguistics*, 10, 209–231.
- Skrelin, Pavel A. 2004. Segment features in different speech styles. – Proceedings of SPECOM’2004, Saint-Petersburg, 11–16.

- Zinder 2007 = Зиндер, Лев Рафаилович 2007. Общая фонетика и избранные статьи. 2-е изд., сост. Л. В. Бондарко, Филологический факультет Санкт-Петербургского Государственного Университета, М.: Издательский центр "Академия".
- Takagi, Naoyuki 1993. Perception of American English /r/ and /l/ by adult Japanese learners of English: a unified view. Ph.D. Dissertation. University of California, Irvine.
- Trautmüller, Hartmut, Krull, Diana 2003. The effect of local speaking rate on the perception of quantity in Estonian. – *Phonetica*, 60, 187–207.
- Trubetzkoy, Nikolai S. 1939. Grundzüge der Phonologie. – *Travaux de Cercle Linguistique de Prague*, 7, 272.
- Watt, Dominic, Fabricius, Anne 2002. Evaluation of a technique for improving the mapping of multiple speakers' vowel spaces in the F1 ~ F2 plane. – *Leeds Working Papers in Linguistics and Phonetics*, ed. D. Nelson., 9:159–73.
- Werker, Janet F., Tees, Richard C. 1984. Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. – *Infant Behavior and Development*, 7, 49–63.
- Werker, Janet F., Tees, Richard C. 1999. Experimental influences on infant speech processing: Toward a new synthesis. – *Annual Review of Psychology*, ed. J. T. Spence, assoc.eds. J. M. Darley, D. J. Floss. Vol. 50, 509–535.
- Wilson, Ian, Gick, Bryan 2006a. Articulatory settings of French and English monolinguals and bilinguals. – *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.120, No.5 (2), 3295–3296.
- Wilson, Ian, Gick, Bryan 2006b. Ultrasound technology and second language acquisition research. – *Proceedings of the 8th Generative Approaches to Second Language Acquisition Conference (GASLA 2006)*, eds. M. G. O'Brien, C. Shea, J. Archibald. Somerville, MA: Cascadia Proceedings Project, 148–152.
- Yamada, Reiko A. 1995. Age and acquisition of second language speech sounds perception of American English /ɹ/ and /l/ by native speakers of Japanese. – *Speech Perception and Linguistic Experience: Issues in Cross-Language Research*, ed. W. Strange. Timonium: York Press, 305–320.
- Ylinen, Sari, Shestakova, Anna, Alku, Paavo, Huottilainen, Minna 2005. The perception of phonological quantity based on durational cues by native speakers, second-language users and nonspeakers of Finnish. – *Language and Speech*, 48(3), 313–338.
- Young-Scholten, Martha 2002. Orthographic input in L2 phonological development. Burmeister, P., Piske, T., Rohde, A. (eds) *An Integrated View of Language Development – Papers in Honour of Henning Wode*. Trier: Wissenschaftlicher Verlag Trier, 263–279.

SUMMARY

The perception and production of Estonian vowel and duration-based categories by non-native subjects with a Russian-language background

An experimental phonetic study

This study investigated the perception and acoustics of Estonian phonological categories by speakers of Estonian with a Russian-language background (referred to below as the L2 group) and native Estonian subjects (the L1 group). It is a contrastive experimental phonetic study involving perception tests and acoustic measurements of Estonian vowel categories, phonemic short vs. long quantity categories, and ternary quantity oppositions. The aim of the study was to (1) discover the differences of the two subject groups in perception and production of different phonological categories, (2) explore the relationships between L2 perception and production, (3) interpret the findings in the context of different foreign accent models, and (4) explain the L2 perception mechanism as well as deviations in L2 speech production. The thesis consists of seven chapters.

Chapter 1, as an introductory chapter, gives an overview of the main terms, concepts, accent models, and the theoretical hypothesis relevant to the study. The theoretical foundations of the study are based mainly on the following well-known accent models and hypotheses:

- *Perceptual Assimilation Model* – PAM (Best 1994a,b, 1995) and its extension PAM-L2 (Best, Tyler 2007),
- *Speech Learning Model* – SLM (Flege 1995),
- „*Desensitization*” *Hypothesis* (Bohn 1995),
- *Feature Hypothesis* (McAllister et al. 2002).

Both PAM-L2 and SLM state that the ability to perceive and distinguish L2 sounds depends on the phonetic distance between similar categories in L1 and L2: (1) L2 sounds which are acoustically and perceptually close to those of L1 are hard to discriminate and will assimilate with their L1 counterparts; (2) for L2 sounds that are dissimilar to the closest L1 sounds, a new category will be created.

The desensitization hypothesis proposed by Bohn suggests that duration is an easily accessible acoustic cue independent of the role of duration in subjects' L1. Thus the large contrastive variation of vowel duration in Estonian should be easily perceived by L2 subjects with a Russian-language background despite the fact that duration is not used contrastively in their native language.

The feature hypothesis by McAllister et al. states that “L2 features not used to signal phonological contrasts in L1 will be difficult to perceive for the L2 learner and this difficulty will be reflected in the learner's production of the

contrast based on this feature” (McAllister et al., 2002: 230). This opposes Bohn’s hypothesis and claims that L2 subjects with a Russian-language background should face difficulties in distinguishing phonological contrasts of Estonian in perception and production.

In **Chapter 2** the vowel systems of Estonian and Russian and the roles of duration in the two languages are compared.

The Estonian vowel inventory includes nine vowel phonemes. In orthography, they are represented by /i ü u e õ ö o ä a/ and in broad IPA notation they can be given as /i y u e ø ʏ o æ ɑ/, respectively. Russian has six vowels /i ɪ u ε o a/. A comparison of the vowel systems shows that the languages share a number of similar vowels, namely – /i u e o a/. There are three vowels in Estonian that Russian lacks, namely /æ, y, ø/. An ambiguous case is the Russian vowel /ɪ/ which has often been considered as a counterpart of the Estonian /ʏ/, however, it is a rather deceptive match since the quality of the two vowels is quite different.

The role of duration in Estonian and Russian is very different. Estonian is known as a language with a three-way quantity system involving contrastive prosodic patterns traditionally referred to as short (Q1), long (Q2) and overlong (Q3) quantity degrees. There is a general agreement that the ternary phonological contrast in Estonian is characterized by a complex interaction of durational and tonal cues within a disyllabic foot (e.g., Lehiste 1997, 2003; Eek & Meister 1997, 2003; Krull & Traunmüller 2000). Phonological length contrasts of vowels (short vs. long) occur only in the primary-stressed syllable. Although the duration of the vowel in the second, unstressed syllable varies to a great extent, there is no phonological length contrast in the unstressed syllable because the durational variation is fully predictable; vowels in unstressed syllables are classified as phonologically short.

In Russian, duration has no phonological function; instead it serves as the main cue for word stress. Vowel duration in Russian varies non-contrastively to a great extent depending on stress (Bondarko 1998).

Due to the differences in vowel systems and the roles of stress, Russian L2 speakers of Estonian are expected to have difficulties in the perception and production of some Estonian vowels and of duration-based phonological contrasts.

Chapter 3 introduces the methods, subjects and speech materials of the study.

Two groups of subjects were recruited: native speakers of Estonian (the L1 group) and non-native speakers with Russian as their first language (the L2 group); both groups consisted of 10 speakers (5 male and 5 female). All subjects participated in the recordings of the Estonian Foreign Accent corpus. The subset of the corpus used in the study includes 27 read sentences involving triplets of segmentally identical disyllabic words with quantities Q1, Q2 and Q3,

representing the structures CVCV, CVVCV and CVV:CV. The words were segmented manually on the phone and word levels.

The perception experiments were designed as binary identification tasks where listeners had to categorize the stimuli into two alternative categories. The output of the perception experiment is a categorization function for each stimulus continuum that plots the score of one of the two alternative responses. Individual categorization functions were obtained by interpolating the response data of each subject with a *probit* function and the locations of individual category boundaries were calculated as the 50% cross-over point of the fitted curve. The average categorization functions and the average category boundaries for the L1 and L2 groups were established in a similar way. All perception tests were conducted in a quiet room and stimuli were presented to the subjects via high-quality headphones from a laptop computer. The tests were administered using Praat (Boersma & Weenink, 2010).

Chapter 4 provides the experimental results of perception tests and the acoustic analysis of Estonian vowel categories.

In the acquisition of the Estonian vowel system by Russian subjects two processes are likely to take place:

- (1) a one-to-one assimilation of those Estonian vowels which have phonemic (/i/, /e/, /u/ and /o/) or allophonic ([æ] and [ɑ]) counterparts in Russian;
- (2) a three-to-one assimilation of Estonian vowels /y/, /ø/ and /ɤ/ to Russian /i/ which ideally should result in a splitting of the acoustic space occupied by one native category (/i/) into three subspaces and end up with the origination of three new L2 categories (/y/, /ø/ and /ɤ/).

In the perception test a stimulus set comprising 14 vowel continua (each continuum includes 14–16 evenly spaced synthetic vowels between 9 Estonian vowel prototypes) was used. On the basis of perception results the category boundaries in the 14 vowel continua for L1 and L2 groups were found.

In general, the results of the perception can be summarized as follows:

- there were no large differences between the L1 and L2 groups either in the category boundary locations or in the slopes of the categorization curves in the vowel continua involving combinations of vowels /i/, /e/, /u/ and /o/ as well as /ɑ/ and /æ/. The Estonian vowels /i/, /e/, /u/ and /o/ showed a quite good one-to-one match with their Russian counterparts. Also, the assimilation of Estonian vowels /ɑ/ and /æ/ with the allophones of Russian /ɑ/ ([ɑ] and [æ], respectively) seems to occur;
- as expected, the L1 and L2 subjects exhibited the largest differences in their categorization curves in the case of vowel continua involving combinations of the Estonian vowels /ɤ/, /ø/ and /y/, i.e., in /ɤ/-/ø/, /ɤ/-/y/ and /ø/-/y/. These differences suggest that for Russian subjects the perceptual contrasts between these vowels are difficult to acquire

since they involve a splitting of the single native category /i/ into three new categories.

The frequencies of the first and second formants of Estonian stressed vowels in the structures CVCV, CVVCV and CVV:CV were measured and pooled across the three structures, separately for male and female speakers in both subject groups. The formant values of male and female subjects were made comparable by applying the vowel normalization method proposed by Lobanov (1971). The main findings of L1 and L2 vowel production were:

- differences between the two subject groups in the case of vowels /u/, /e/ and /a/ are minor and statistically insignificant;
- the vowels /i/, /y/ and /o/ of the L2 group deviate from those of L1 by being shifted backwards along the front-back dimension (in case of /i/ and /o/ $p < 0.01$; for /y/ $p < 0.05$); the vowel /æ/ of the L2 group is located higher than that of the L1 group ($p < 0.05$);
- vowels /ø/ and /ɤ/ in the L2 group deviate from L1 vowels very significantly ($p < 0.001$) in both the open-close and front-back dimensions – L2 /ø/ is more back and more open, and L2 /ɤ/ is more front and more closed; they have even swapped their positions in the front-back direction.

A comparison of the perception and production results shows that the production data are in line with the results of the perception test and thus tend to support the SLM (Flege 1995) hypothesis that the production of a sound corresponds to the properties of its phonetic category representation. The Estonian vowels /i/, /e/, /u/ and /o/ as well as /a/ and /æ/ showed a quite good one-to-one match with their Russian counterparts on the phonemic or allophonic levels in both production and perception; the deviating L2 patterns in the new vowel categories /y/, /ø/ and /ɤ/ occurred likewise in production and perception. However, evidence of phonological asymmetry was found. Despite the correct perceptual identification of the front vowel /ø/ and the back vowel /ɤ/, in L2 production these vowels were reversed in the front-back dimension.

Chapter 5 includes the results of perception tests and the acoustic analysis of short vs. long categories.

The short/long category boundary was examined by varying the duration of a vowel in three contexts involving isolated vowels (V vs. VV), one-syllable nonsense words (CVC vs. CVVC), and two-syllable real words (CVCV vs. CVVCV). Since vowel duration serves to distinguish lexical minimal pairs in Estonian but not in Russian, L1 and L2 subjects are expected to employ different perceptual strategies in a short vs. long categorization task. In particular, the groups are likely to differ from each other in terms of the location and width of category boundaries as well as the consistency of categorization.

The results showed that L2 subjects were quite successful in distinguishing the Estonian short/long categories despite the non-categorical use of the duration cue in their native language. As a rule, the L2 subjects demonstrated, in comparison to the L1 subjects, (1) category boundaries at longer durations, (2) a larger width of category boundaries, and (3) a lower consistency of responses. The perceptual strategies of the L2 subjects might be based on a continuous auditory perception of the salient duration cue, the variable duration patterns associated with word stress in their L1, or a combination of both strategies.

The acoustic durations of vowels in the primary-stressed syllables in the word structures CVCV, CVVCV and CVV:CV were measured and normalized durations were obtained by computing the proportion of vowel duration to total word duration. The comparison of normalized durations in two subject groups showed that:

- L1 vowel durations were statistically different in all CVCV structures (in Q1, Q2 and Q3), L2 vowel durations differed only in Q1 and Q2, but not in Q2 and Q3;
- vowel durations differences between groups L1 and L2 were small in Q1 and Q2 words, but large in Q3 words;
- the short vs. long opposition was produced differently by L1 and L2 subjects; for L1 subjects the long/short duration ratio varied from 1,6 to 1,9 (in the case of Q2/Q1 and Q3/Q1, respectively); in L2 words the long/short duration ratio was 1,4 in both cases (Q2/Q1 and Q3/Q1).

When comparing the durations of short and long vowel categories and the short vs. long perceptual boundaries in the two subject groups, the following conclusions can be made:

- in L1 speech, the durations of the short vowels in the primary-stressed syllables of Q1 words were shorter than the perceptually established short/long category boundary; the durations of the long vowels in Q2, and even more in Q3 words, reliably extended the short/long category boundary;
- in L2 speech, the durations of short vowels were mostly shorter than the short/long category boundary, while the durations of long vowels barely crossed the short/long boundary;
- in L1 speech, the short vs. long contrasts were more salient and thus easier to perceive than those in L2 speech.

Chapter 6 provides the experimental results of perception tests and the acoustic analysis of Estonian quantity oppositions.

The perception experiments involved six CVCV stimulus sets with variable duration of the first and second syllable vowels and a variable F0 contour (two sets with Q1 vs. Q2 and four sets with Q2 vs. Q3 contrasts). The perception results can be summarized as follows.

The L1 and L2 groups demonstrated similar results in stimulus sets involving Q1 vs. Q2 oppositions – for both groups the duration of the vowel in the first (stressed) syllable was the most significant factor in Q1 vs. Q2 categorization, the duration of the vowel in the second (unstressed) syllable turned out to be insignificant for both groups; the F0 contour was marginally significant for the L1 group only.

In the Q2 vs. Q3 categorization task L1 and L2 differed significantly:

- for the L1 group the durations of the first-syllable (V1) and second-syllable (V2) vowels as well as the F0 contour were significant factors, whereas a category switch due to V2 duration change was only observed in those stimulus sets in which other factors (V1 duration and F0 contour) favored the switch. The duration of V2 and the duration ratio V1/V2 corresponding to the Q2-Q3 category boundary varied to a great extent depending on V1 duration and F0 contour, Q2 vs. Q3 categorization cannot be predicted by the duration ratio V1/V2 alone, also the F0 contour should be taken into account;
- for the L2 group the main factor in Q2 vs. Q3 categorization was the duration of V1 – stimuli with shorter V1 were classified as Q2 and stimuli with longer V1 as Q3; the duration of V2 and the F0 contour had no effect. The apparent Q2-Q3 category boundary observed for the L2 group cannot be a real boundary (since in their native language there is no such opposition available); the discovered boundary was rather induced by the design of the perception experiments and reflects the response strategy of the L2 subjects.

In order to compare the production of quantity oppositions by the two groups, segment durations in Q1, Q2 and Q3 words were measured and the duration ratios of V1/V2, V1/C1 and V2/C2 were computed. The results showed that:

- for the L1 group, V1 duration was significantly different in each of the three structures, being 82 ms, 144 ms and 174 ms in Q1, Q2 and Q3, respectively; duration of V2 is inversely proportional to V1 being 112 ms, 85 ms and 61 ms (in Q1, Q2 and Q3, respectively). The V1/V2 duration ratios observed for the L1 group (Q1: 0,7, Q2: 1,7 and Q3: 2,8) were statistically different and highly similar to those found in previous studies; also the duration ratios V1/C1 and V2/C2 are statistically different in all structures;
- for the L2 group, V1 duration differed statistically only between Q1 (94 ms) and Q2 (148 ms) and between Q1 and Q3 (149 ms), but not between Q2 and Q3. V2 durations were similar in all three structures: 97 ms (Q1), 91 ms (Q2) and 88 ms (Q3). The V1/V2 duration ratios observed for the L2 group (Q1: 1,0, Q2: 1,7 and Q3: 1,7) are close to those of L1 in the case Q1 and Q2, but not in the case of Q3; the same pattern was found in the case of the ratios V1/C1 and V2/C2.

The results on the perception and production of the quantity oppositions in Q1, Q2 and Q3 words permit the following conclusions:

- in L1 subjects the experimental results show good harmony between production and perception of quantity oppositions – in Q1, Q2 and Q3 words the temporal characteristics of vowels in the first and second syllable (in combination with an adequate F0 contour) result in three different patterns which are well separated from each other by the perceptual boundaries of Q1-Q2 and Q2-Q3;
- in the L2 group the experimental results show a good correspondence between production and perceptual discrimination of Q1 and Q2 words, similar to the L1 group, but the results of the production and perception of Q2 vs. Q3 contrasts are very different – L2 subjects are not able to perceptually discriminate Estonian Q2 and Q3 structures nor produce different patterns for Q2 and Q3 words in L2 speech. The Q2-Q3 category boundary found in L2 perception is not a real boundary, but represents the response strategy applied in the perception experiments;
- the results of the L2 group in Q2 vs. Q3 categorization tend to support the feature hypothesis (McAllister et al. 2002) – the phonological system of Russian does not exploit duration and pitch cues contrastively, and therefore L2 subjects are not able to discriminate the complex patterns of Q2 and Q3 in both perception and production. In addition, the variable duration patterns of Q2 and Q3 turned out not to be salient and easily accessible cues, as the desensitization hypothesis (Bohn 1995) suggests, and thus, these results do not lend support for the latter hypothesis.

Chapter 7 summarizes the experimental results of the study.

The present study is the first exhaustive experimental phonetic study of Russian accent in Estonian that involves perception and production of Estonian phonological categories, and their mutual relationships. It is a significant step in the experimental investigation of Estonian as a foreign language, as the methods applied and the text as well as the stimulus corpora developed in the study can be used in further L2 studies involving subjects with different L1 backgrounds.

The findings of the study are mainly in line with the well-known accent models such as PAM-L2 (Best, Tyler 2007) and SLM (Flege 1995), and lend some support for the feature hypothesis (McAllister et al. 2002) and the desensitization hypothesis (Bohn 1995). In addition to theoretical novelty, the results of the study can be applied in the enhancement of methods for teaching Estonian as a foreign language, especially for more efficient learning of Estonian vowel categories as well as Q2 vs. Q3 quantity oppositions in both L2 perception and production.

ELULOOKIRJELDUS

Lya Meister

Sündinud 15. mail 1957 Ida-Virumaal

Kodakondsus: Eesti

Abielus, neli last

Aadress: TTÜ Küberneetika Instituut

Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn

Telefon: +372 6204202

E-mail: lya@phon.ioc.ee

Haridus

2005–2011	Tartu Ülikool, doktoriõpe, eesti keel
2002–2005	Tallinna Pedagoogikaülikool, MA (<i>cum laude</i>), eesti keel
1975–1979	Tallinna Pedagoogiline Instituut, diplomiopingud, vene keel ja kirjandus

Teenistuskäik

2009–...	Tallinna Tehnikaülikool, Küberneetika Instituut, teadur
2005–2008	Tallinna Tehnikaülikool, Küberneetika Instituut, erakorraline teadur
2002–2005	Tallinna Tehnikaülikool, Küberneetika Instituut, assistent
1979–1994	Kehra Keskkool, õpetaja

Teadustegevus

Uurimisvaldkonnad: eksperimentaalfoneetika, võõrkeele aktsent, kõnekorpused

Osalemine projektides:

2011–2014	RP EKT (2011–2017) „Kõne- ja multimodaalsed korpused”
2011–2014	RP EKT (2011–2017) „Audiovisuaalse kõnesünteesi prototüüp”
2008–2015	Arvutiteaduse tippkeskus „Estonian Excellence in Computer Science – EXCS”
2006–2011	SF teema „Usaldusväärsed tarkvara- ja inimkeele tehnoloogiad”
2006–2010	RP EKKTT (2006–2010) „Kõne analüüs ja variatiivsuse mudelid”
2006–2010	RP EKKTT (2006–2010) „Kõnekeele ressursid ja kõne- tehnoloogia andmebaasid”
2006–2009	ETF grant nr 6742 „Rääkimise loomulikkuse mudel ja hindamine”

Teaduslik organisatsiooniline ja erialane tegevus

- 2008 Rahvusvahelise suvekooli “Variation in speech production and perception” (VISPP’2008, 10.–16.08., Kuressaare) korraldamine
- 2005 Rahvusvahelise suvekooli “Variation in speech production and perception” (VISPP’2005, 10.–15.08., Palmse) korraldamine
- 2005 II Balti Keeletehnoloogia konverentsi (Baltic HLT 2005, 4.–5.04., Tallinn) korraldamine

CURRICULUM VITAE

Lya Meister

Date of birth: 05/15/1957
Citizenship: Estonian
Marital status: married, four children
Address: Institute of Cybernetics at TUT
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Phone 620 4202
E-mail lya@phon.ioc.ee

Education

2005–2011	Ph.D. student at the University of Tartu, Estonian language
2002–2005	Tallinn Pedagogical University, MA (cum laude), Estonian Philology
1975–1979	Tallinn Pedagogical University, Diploma studies, Russian Philology

Professional career

2009–...	Tallinn University of Technology, Institute of Cybernetics, researcher
2005–2009	Tallinn University of Technology, Institute of Cybernetics, researcher extraordinary
2002–2005	Tallinn University of Technology, Institute of Cybernetics, research assistant
1979–1994	Kehra High School, teacher

Field of research

Experimental phonetics, foreign accented speech, Estonian phonetics

Projects:

2011–2014	“Speech and multimodal corpora” under National Program for Estonian Language Technology (2011–2017)
2011–2014	“A prototype for audio-visual speech synthesis” under National Program for Estonian Language Technology (2011–2017)
2008–2015	Estonian Excellence in Computer Science – EXCS
2006–2011	Target-financed theme No.0322709s06 “Dependable software and human language technologies”
2006–2010	“Speech analysis and variability models” under National Program for Estonian Language Technology (2006–2010)

- 2006–2010 ”Spoken language resources and databases” under National
Program for Estonian Language Technology (2006–2010)
- 2006–2009 Grant No 6742 by Estonian Science Foundation “Assessing and
modeling of speaking naturalness”

Administrative responsibilities

- 2008 International Summer School “Variation in speech production and
perception” (VISPP 2008), August 10–16, 2008, Kuressaare
- 2005 International Summer School “Variation in speech production and
perception” (VISPP 2005), August 10–15, 2005, Palmse
- 2005 The Second Baltic Conference on Human Language Technologies
(HLT 2005), April 4–5, Tallinn

DISSERTATIONES PHILOLOGIAE ESTONICAE UNIVERSITATIS TARTUENSIS

1. **Ülle Viks.** Eesti keele klassifikatoorne morfoloogia. Tartu, 1994.
2. **Helmi Neetar.** Deverbaalne nominaaltuletus eesti murretes. Tartu, 1994.
3. **Ülo Valk.** Eesti rahvausu kuradi-kujutelm. Tartu, 1994.
4. **Arvo Eek.** Studies on quantity and stress in Estonian. Tartu, 1994.
5. **Reet Kasik.** Verbid ja verbaalsubstantiivid tänapäeva eesti keeles. Tartu, 1994.
6. **Silvi Vare.** Nimi- ja omadussõnatuletus tänapäeva eesti kirjakeeles. Tartu, 1994.
7. **Heiki-Jaan Kaalep.** Eesti keele ressursside loomine ja kasutamine keele- tehnoloogilises arendustöös. Tartu, 1998.
8. **Renate Pajusalu.** Deiktikud eesti keeles. Tartu, 1999.
9. **Vilja Oja.** Linguistic studies of Estonian colour terminology. Tartu, 2001.
10. **Küllī Habicht.** Eesti vanema kirjakeele leksikaalsest ja morfosüntaktilisest arengust ning Heinrich Stahli keele eripärast selle taustal. Tartu, 2001.
11. **Pire Teras.** Lõunaeesti vokaalisüsteem: Võru pikkade vokaalide kvaliteedi muutumine. Tartu, 2003.
12. **Merike Parve.** Väljed lõunaeesti murretes. Tartu, 2003.
13. **Toomas Help.** Sõnakeskne keelemudel: Eesti regulaarne ja irregulaarne verb. Tartu, 2004.
14. **Heli Laanekask.** Eesti kirjakeele kujunemine ja kujundamine 16.–19. sajandil. Tartu, 2004.
15. **Peeter Päll.** Võõrnimed eestikeelses tekstis. Tartu, 2005.
16. **Liina Lindström.** Finiitverbi asend lauses. Sõnajärg ja seda mõjutavad tegurid suulises eesti keeles. Tartu, 2005.
17. **Kadri Muischnek.** Verbi ja noomeni püsiühendid eesti keeles. Tartu, 2006.
18. **Kanni Labi.** Eesti regilaulude verbisemantika. Tartu, 2006.
19. **Raili Pool.** Eesti keele teise keelena omandamise seaduspärasusi täis- ja osasihitise näitel. Tartu, 2007.
20. **Sulev Iva.** Võru kirjakeele sõnamuutmissüsteem. Tartu, 2007.
21. **Arvi Tavast.** The translator is human too: a case for instrumentalism in multilingual specialised communication. Tartu, 2008.
22. **Evar Saar.** Võrumaa kohanimede analüüs enamlevinud nimeosade põhjal ja traditsioonilise kogukonna nimesüsteem. Tartu, 2008.
23. **Pille Penjam.** Eesti kirjakeele *da*- ja *ma*-infinitiiviga konstruktsioonid. Tartu, 2008.
24. **Kristiina Praakli.** Esimese põlvkonna Soome eestlaste kakskeelne keelekasutus ja koodikopeerimine. Tartu, 2009.

25. **Mari Mets.** Suhtlusvõrgustikud reaalajas: võru kõnekeele varieerumine kahes Võrumaa külas. Tartu, 2010.
26. **Karen Kuldnokk.** Militaarne retoorika. Argumentatsioon ja keeleline mõjutamine Eesti kaitsepoliitilises diskursuses. Tartu, 2011.
27. **Kai Tafenau.** Uue Testamendi tõlkimisest Rootsi ajal: käsikirjad, tõlkijad ja eesti kirjakeel. Tartu, 2011.
28. **Külli Prillop.** Optimaalsusteoreetiline käsitus eesti keele fonoloogilisest kujunemisest. Tartu, 2011. 261 lk.
29. **Pärtel Lippus.** The acoustic features and perception of the Estonian quantity system, Tartu, 2011. 146 p.